

Agricultura en Canarias

Conciliando tradición y ciencia

Editado
por
Julio Afonso-Carrillo

Actas VII Semana Científica Telesforo Bravo
INSTITUTO DE ESTUDIOS HISPÁNICOS DE CANARIAS
2012

© Los autores
© De esta edición: 2012, Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias,
C/. Quintana, 18. Puerto de la Cruz, Tenerife,
Islas Canarias, E-38400.

Diseño de la cubierta:
:rec retoque estudio creativo
www.retoqueec.com

Primera edición: octubre 2012

Imprime:
Producciones Gráficas, S.L.
Pol. Ind. Los Majuelos
C/Tijarafe, Nave II, Puerta 2
Tlf: 922 821 517

Depósito Legal: TF 885-2012

ISBN: 978-84-616-0641-2

Presentación

Hasta hace unas décadas, Canarias fue una sociedad fundamentalmente agraria, y aunque en la actualidad la agricultura sólo cubre una quinta parte de las necesidades alimenticias de la región, algunos de sus cultivos son de reconocido prestigio y juegan un papel importante en el sector. También es cierto que la agricultura de este archipiélago está situada en una continua inestabilidad, tanto estructural como comercial. Además, las dificultades, inseguridades y reducidos beneficios inherentes a las actividades agrícolas, la han dejado en desventaja frente a otros sectores más atractivos, lo que ha provocado en muchas zonas una clara desatención del campo.

En el campo canario se reconocen dos modelos agrícolas diferentes. Por una parte, la agricultura a la que se ha denominado moderna, productiva o comercial, que está caracterizada porque sus productos están destinados principalmente a la exportación, sus cultivos se extienden por las zonas costeras, cuentan con especial atención económica y su comercialización está sometida a las reglas de la competencia internacional. Se trata en general de explotaciones agrícolas relativamente tecnificadas, algunas realizadas en invernaderos, con modernos sistemas de riego y en las que se emplean gran cantidad de abonos. Monocultivos como la platanera, el tomate o las plantas ornamentales, representan este tipo de agricultura.

Por otra parte, está la llamada agricultura tradicional que es una agricultura de subsistencia y familiar. Es una agricultura de secano en la que la tierra se cultiva con procedimientos en muchos casos todavía rudimentarios y sus productos están destinados al mercado interior y al autoconsumo familiar. El agricultor es el propietario o arrendatario de las tierras, que se localizan, principalmente, en las medianías al norte de las islas y, en general, es una actividad que resulta poco rentable debido a la orografía del terreno y al minifundismo. Se incluyen aquí los principales productos agrícolas de subsistencia (papas, árboles frutales, cereales,

leguminosas, etc.), y otros, como las plantaciones vitivinícolas que en años recientes están experimentando un cierto desarrollo.

Es posible que a la agricultura tradicional se nos haya mostrado en ocasiones como una actividad con métodos anticuados que ha persistido por el empeño de los campesinos a aceptar cambios. Sin embargo, no debemos olvidar que se trata de sistemas de uso de la tierra desarrollados localmente a lo largo de muchos años y que se realizan en base a un conocimiento que se ha ido acumulando tras muchas generaciones, de forma empírica y por la experimentación campesina. Este modelo tradicional ha sido parcialmente reemplazado por la que hemos entendido como agricultura moderna o productiva. La agricultura asentada en la ciencia, en la que la producción de alimentos parece que ha llegado a transformarse en una variación de la industria.

Sin embargo, cuando ahora se repasan los logros de la agricultura tradicional se constata que beber en sus fuentes no es dar pasos hacia atrás, sino que por el contrario, se reconoce como un valioso recurso de información que debe servir para inspirar el diseño de nuevos sistemas agrícolas. Los campesinos, a lo largo de muchos años de acumular experiencias han logrado alcanzar un minucioso conocimiento de su tierra, han utilizado con acierto las posibilidades (lo que se podía cultivar y lo que no), y además, han logrando mantener de forma sostenible a mucha gente. La agricultura tradicional sabemos que se desarrolló en estrecha relación con las necesidades de la sociedad a la que atendía, y que tenía una clara dependencia de la naturaleza y del uso del medio ambiente. De este modo, el campesino logró desarrollar las variedades agrícolas tradicionales, seleccionando las mejores semillas (las más productivas o las más resistentes) con las que logró su supervivencia. Son las variedades mejor adaptadas a las singulares condiciones de los campos canarios, y algunas de esas variedades agrícolas tradicionales están en serio peligro de extinción.

Papas antiguas, frutales (vid, aguacates), batatas, cebollas, millos, chochos, habas, arvejas, garbanzos, lentejas, etc., son productos agrícolas autóctonos emblemáticos que necesitan de un sistema de protección para que la preservación de todo este acervo agrícola no dependa exclusivamente de productores presionados por el uso de variedades más comerciales. Las iniciativas, tanto del Instituto Canario de Investigaciones Agrarias como del Cabildo Insular de Tenerife a través del Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife, van en esa dirección. El principal objetivo de estas iniciativas es recuperar y conservar las variedades agrícolas tradicionales que se cultivan tanto en Tenerife como en el resto de Canarias. Además de una enorme riqueza agrícola constituyen un importante legado, de manera que con ello se salvaguarda parte de nuestra cultura, y se contribuye al mantenimiento del patrimonio de todos los canarios. Así, la Ciencia se pone al servicio de la tradición, estudiando y

caracterizando morfológica, genética y agronómicamente diferentes colecciones de cultivares (tanto semillas, como tubérculos y frutales) con el propósito de poder transferir a los agricultores los resultados científicos y técnicos obtenidos, para potenciar, valorizar y difundir las peculiaridades nutricionales de estos productos autóctonos.

Por otra parte, y a nivel mundial, en la actualidad estamos en unos momentos en los que se extiende la idea de que la agricultura tiene la necesidad de reorientarse. Y debe hacerlo fundamentalmente hacia modos de producción que sean, no sólo más sostenibles desde el punto de vista del medio ambiente, sino que además, siendo socialmente justos, permitan incrementar la producción para satisfacer las necesidades futuras de alimentos. Resulta obvio, que la agricultura no debe poner en peligro su capacidad para satisfacer las necesidades futuras, pero en nuestros días, la pérdida de biodiversidad, el uso no sostenible del agua y la contaminación de suelos y agua son problemas que están afectando a los recursos naturales sobre los que se sostienen las actividades agrícolas. Por si esto fuera poco, el cambio climático, que se está manifestando con una mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos (sequías e inundaciones), y en una reducción de las precipitaciones predecibles, está afectando ya a muchas regiones.

Con el desarrollo de la agricultura productiva o comercial, gran parte de los esfuerzos han sido dedicados a la mejora de semillas, y al desarrollo de fertilizantes, acondicionadores del suelo y productos fitosanitarios con el objetivo de aumentar los rendimientos. De este modo se estaba reproduciendo el modelo de los procesos industriales en el que los insumos externos sirven para producir resultados con arreglo a un patrón lineal de producción. Sin embargo, cada vez más se extiende otra visión de la agricultura, la de la Agroecología. Esta es una disciplina científica relativamente nueva, iniciada hacia los años setenta del pasado siglo, que frente a la agronomía convencional, postula la aplicación de conceptos y principios de la ecología al diseño, desarrollo y gestión de sistemas agrícolas sostenibles. En resumen, lo que la agroecología propone es la mejora de la sostenibilidad de los agroecosistemas imitando a la naturaleza y no a la industria.

Para tratar todos estos aspectos, el Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias eligió para la VII SEMANA CIENTÍFICA TELESFORO BRAVO el lema: '*Agricultura en Canarias: conciliando tradición y ciencia*'. El jueves 17 de noviembre, y como acto previo a la intervención del primer conferenciante, se realizó la presentación por el Presidente del IEHC, Nicolás Rodríguez Muzenmaier, y los organizadores del ciclo, Jaime Coello Bravo y Julio Afonso Carrillo, de las actividades programadas para la semana científica. Posteriormente, Julio Afonso Carrillo realizó una breve presentación del libro '*Biodiversidad: explorando la red vital de la que*

formamos parte’, que reúne el conjunto de conferencias del ciclo del año anterior, como Actas de la VI Semana Científica Telesforo Bravo.

Así, entre el jueves 17 y el miércoles 23 de noviembre, el salón de actos de nuestra sede, acogió conferencias diarias en horario de 19:30 a 21:00 horas. Las conferencias impartidas fueron las siguientes:

Jueves, 17 noviembre 2011.

Domingo Ríos Mesa: “Las papas antiguas de Tenerife: origen y diversidad”.

Viernes, 18 noviembre 2011.

Inmaculada Rodríguez Torres: “Riqueza del patrimonio vitícola de Canarias”.

Lunes, 21 noviembre 2011.

Raimundo Cabrera Pérez: “Control de plagas agrícolas: una historia de ida y vuelta”.

Martes, 22 noviembre 2011.

Ferando Sabaté Bel: “Recuerdos del futuro: la experiencia vernácula y la sostenibilidad”.

Miércoles, 23 noviembre 2011.

María del Carmen Jaizme-Vega: “La vida en el suelo. Papel de los microorganismos en la agroecología”.

Este libro reúne las exposiciones científicas realizadas en la sede del IEHC en las diferentes sesiones del ciclo de conferencias.

En la primera sesión, las papas antiguas fue el tema de la conferencia de Domingo Ríos Mesa. Las papas tienen su centro de origen en América del sur y su presencia en Canarias se conoce desde 1567. Los estudios realizados hasta el momento indican una gran diversidad para Canarias, con cultivares pertenecientes a *Solanum tuberosum* ssp. *andigena*, *S. tuberosum* ssp. *tuberosum*, quizás algún cultivar con origen en los archipiélagos chilenos de Los Chonos y Chiloé, y cultivares triploides, identificados hasta ahora como *Solanum chaucha*. Según el doctor Ríos las evidencias recientes apuntan a que las papas canarias pueden constituir un reducto de papas de naturaleza andina y chilense, pero con rasgos distintivos de elevado interés para el estudio de las primeras papas introducidas en Europa y su posterior evolución. La biodiversidad de papas de Canarias podría ser considerada propia de un centro secundario de variación de las papas que vinieron de América.

La segunda sesión, a cargo de Inmaculada Rodríguez Torres, trató sobre las variedades de vid cultivadas en Canarias y que son el sustento de diez denominaciones de origen. El cultivo de la vid en el archipiélago canario se introdujo con la Conquista y el aislamiento insular frente a enfermedades y las características del medio natural canario han permitido mantener en cultivo variedades ancestrales. En la actualidad, todas estas variedades constituyen un valioso patrimonio genético que necesita una evaluación científica adecuada para poder ser conservado. La doctora Rodríguez Torres nos explica las investigaciones que está llevando a cabo en el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA), y que abarcan aspectos morfológicos, moleculares, agronómicos y de potencial enológico. Además de evaluar este patrimonio, resolviendo la confusión que persiste en el reconocimiento de algunas variedades, se está potenciando la Colección de Variedades de Vid del ICIA, para evitar que esta singular y valiosa riqueza genética se pueda perder.

En la tercera sesión intervino Raimundo Cabrera quien desarrolló la problemática del control de las plagas agrícolas. El control de estos organismos nocivos se ha realizado históricamente mediante distintas estrategias, como el control biológico llevado a cabo con éxito a finales del siglo XIX en EEUU. Sin embargo, el descubrimiento de las propiedades insecticidas del DDT, y el posterior desarrollo de los insecticidas químicos de síntesis, consiguió que el control biológico quedara relegado. Pero hace décadas que los problemas medioambientales, de resistencia de los insectos y de salud humana, relacionados con los productos químicos, están obligando a replantear la visión del cultivo agrícola y de los métodos de control de plagas. Para el doctor Cabrera, en la visión del campo de cultivo como un agroecosistema, el control biológico juega un papel importante, junto con otros métodos respetuosos con el medio ambiente. Para el éxito de este agroecosistema resulta fundamental la prevención. Así, un estricto servicio de inspección en fronteras es básico para evitar la entrada de plagas y enfermedades.

Fernando Sabaté Bel, nos presentó en la cuarta sesión numerosos ejemplos que sustentan su visión sobre la experiencia vernácula y la sostenibilidad. Sus evidencias muestran como la capacidad creativa hizo posible la resolución de problemas de naturaleza ecológica y social en base al conocimiento profundo y la identificación adecuada de los recursos del entorno inmediato, lo que el doctor Sabaté refiere como pensar y actuar a la manera vernácula. Defiende que la experiencia vernácula acumulada por la humanidad a lo largo del tiempo puede resultarnos hoy de gran utilidad para afrontar los problemas sociales y ecológicos contemporáneos, con el objetivo de imaginar y construir una sociedad más sostenible.

La quinta sesión, a cargo de María del Carmen Jaizme-Vega, consistió en un minucioso análisis de la vida en el suelo y del papel de los

microorganismos. El suelo es un medio dinámico que alberga y nutre diferentes comunidades microbianas, y una visión global del sistema suelo-planta se interpreta de manera natural a través de la Agroecología. La calidad del suelo depende de la viabilidad y diversidad de la vida que contenga, ya que dicha biota es la base para la estabilidad y salud del agrosistema. La doctora Jaizme-Vega nos demuestra que los hongos formadores de micorrizas arbusculares son componentes clave de la fertilidad del suelo, bien a través de la propia simbiosis o por su interacción con otros microorganismos.

Tanto las jornadas como la presente publicación han contado, como en años anteriores, con el valioso patrocinio de la FUNDACIÓN MAPFRE GUANARTEME, cuyo apoyo a este proyecto desde su inicio es fundamental para el mantenimiento a lo largo de los años de estos ciclos de homenaje al Profesor Telesforo Bravo. También el Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias quiere expresar su agradecimiento a todos los conferenciantes, tanto por aceptar la invitación para participar en la semana científica, como por brindarse a preparar desinteresadamente los artículos que constituyen esta publicación. Finalmente, el cariño con que cada año es acogida esta iniciativa de recuerdo al profesor Bravo por parte de nuestros socios y personas preocupadas por la naturaleza, quedó reflejada en la asistencia de público a las jornadas. A todos, el reconocimiento del IEHC.

Como en las ediciones previas, en la organización del ciclo de conferencias participaron por parte del Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias, Jaime Coello Bravo, Jerónimo de Francisco Navarro, Iris Barbuzano Delgado y el autor de estas líneas. La Fundación Telesforo Bravo–Juan Coello, representada por Jaime Coello Bravo, contribuyó también de forma significativa a la organización de la semana de conferencias.

Por último, dejamos constancia de que esta publicación es un homenaje de reconocimiento y de recuerdo por parte del IEHC hacia el profesor Telesforo Bravo.

Julio Afonso Carrillo
Vicepresidente de Asuntos Científicos del IEHC

ÍNDICE

Págs.

1. La papas antiguas de Canarias: origen y diversidad, por DOMINGO J. RÍOS MESA	11 – 41
2. Patrimonio Vitícola de Canarias, por INMACULADA RODRÍGUEZ TORRES	43 – 66
3. Control de plagas agrícolas: una historia de ida y vuelta, por RAIMUNDO CABRERA.....	67 – 104
4. Recuerdos del futuro: la experiencia vernácula y la sostenibilidad, por FERNANDO SABATÉ BEL.....	105 – 143
5. La vida en el suelo. Papel de los microorganismos en la agroecología, por MARÍA C. JAIZME-VEGA	145 – 172

1. Las papas antiguas de Canarias: origen y diversidad

Domingo J. Ríos Mesa

*Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife,
Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural (Cabildo Insular de
Tenerife) y Dpto. de Ingeniería, Producción y Economía Agraria
(Univ. La Laguna).*

*La papa tiene su Centro de Origen en América del sur, y desde allí fue exportada al resto del mundo en diferentes fases a lo largo de la historia. Se tiene noticias de la llegada de papas a las Islas Canarias desde 1567, y aún hoy los agricultores de estas islas conservan muchos cultivares de origen andino. Esta conservación “in situ”, con más de 800 hectáreas de cultivares locales en la actualidad, tiene unos elevados niveles de variabilidad genética, aún tratándose de unas islas relativamente alejadas de su Centro de Origen. En Canarias se pudieron originar nuevos materiales genéticos a partir de la selección que los agricultores locales hicieron de los mismos en los diferentes agrosistemas insulares. Los estudios realizados hasta el momento, manifiestan una importante diversidad, con cultivares pertenecientes a *Solanum tuberosum ssp. andigena* de probable origen andino, otros a *Solanum tuberosum ssp. tuberosum* probablemente procedentes de antiguos programas de mejora europeos, o quizás algún material podría tener origen en los archipiélagos de Los Chonos y Chiloe en Chile, y cultivares triploides, que han sido clasificados hasta la fecha en la especie *Solanum chaucha*. Además se han encontrado algunos cultivares que presentan características intermedias o alejadas de los grupos comentados anteriormente, y que podrían ser híbridos obtenidos por diversos caminos en las islas Canarias a partir de papas originarias de América.*

Introducción.

Origen y domesticación de la papa

La papa tiene más especies silvestres tuberíferas relacionadas que cualquier otra planta cultivada en el mundo. Se han descrito varios cientos de especies de papas silvestres y cultivadas formadoras de tubérculos (*Solanum* sect. *Petota*) distribuidas desde el suroeste de los Estados Unidos hasta el sur de Chile (Correl, 1962; Hawkes, 1978). En la revisión taxonómica de Hawkes (1990) se reconocen 235 especies silvestres tuberíferas y 7 especies cultivadas que conforman una serie poliploide que va desde diploides ($2n = 2x = 24$) hasta hexaploides ($2n = 6x = 72$). Según Spooner & Hijmanns (2001), existen muchos sinónimos dentro de esas 235 especies silvestres, lo que reduciría a 199 el número de especies silvestres diferentes.

Las primeras papas tienen su origen en la cordillera de los Andes, concretamente en el sur de Perú y en el norte de Bolivia (Hawkes, 1990). En dichas zonas se originó el cultivo hace unos 10.000 años. Según Ugent (1970) las variedades antiguas de papa han venido siendo cultivadas en las terrazas de los valles de la antigua capital del imperio de los Incas, Cuzco, donde la orografía es tremendamente accidentada, condicionando por tanto una serie de nichos ecológicos que han favorecido una gran diversidad de cultivares. De ellos se fueron seleccionando aquellos que no tenían alcaloides en el tubérculo y presentaban estolones cortos, así como tubérculos grandes de buen sabor y textura (Matsubayashi, 1991). Hawkes (1967) considera que *Solanum stenotomum* podría ser la primera especie domesticada, como atestigua la gran similitud entre algunos de sus cultivares y ciertas especies silvestres, e incluso considera la posibilidad de que determinadas especies cultivadas diploides como *S. phureja* y *S. goniocalix* pudieran proceder de selecciones de *S. stenotomum* hacia un periodo de latencia corto y un mejor sabor, respectivamente.

Tras la conquista de Perú por los españoles en el siglo XVI, estos introdujeron la papa en Europa. Algunos autores creen que la ssp. *tuberosum* ha derivado de la ssp. *andigena* por adaptación de ésta a día largo (Salaman, 1985). No obstante, existen evidencias de que los clones cultivados en Europa descienden de importaciones de papas de la isla de Chiloe en Chile (Grun, 1990). El último trabajo sobre la introducción de la papa en Europa realizado por Ames & Spooner (2008), obtuvo la evidencia científica de que la papa andina persistió en Europa al menos hasta 1892, es decir, con posterioridad al desastre causado por el mildiu en los cultivos de papa irlandesa, y que las papas de Chiloe pertenecientes a la ssp. *tuberosum* ya existían en Europa con anterioridad al mismo. Una conclusión similar se puede obtener del trabajo realizado por Ríos *et al.* (2007).

En el caso de *Solanum chaucha* (Fig. 1), para Marks (1966) éste es el triploide que comprende una mayor variabilidad. Para Ochoa (1975) esta especie triploide se encuentra entre las diploides y tetraploides. Hawkes (1990) considera que su distribución va desde el Perú Central hasta el centro de Bolivia a altas altitudes. Un trabajo muy interesante de esta especie en el entorno peruano se extrae del estudio que de la misma hace el profesor D. Carlos Ochoa en 1975.



Fig. 1. Tubérculos en el Centro Internacional de la Papa (Perú) de la especie triploide *Solanum chaucha*.

Según Huaman (1998), *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* es la papa predominante en latitudes norte ya que está adaptada a días largos, tiene grandes rendimientos y los tubérculos presentan una gran homogeneidad. Esta subespecie es menos común en Sudamérica, donde *Solanum tuberosum* ssp. *andigena* es la papa más importante. En los Andes es muy típico encontrar cultivares de la ssp. *andigena* mezclados con cultivares de otras especies. Asimismo, debido a que la papa tiene muchísimas especies afines silvestres, existen muchos casos en los que se encuentran éstas como malas hierbas entre las especies cultivadas.

Historia de la papa en canarias

La introducción de la papa en Canarias podría haberse realizado anteriormente a las fechas que han sido citadas hasta el momento, probablemente entre los años 1550 y 1560 (Ochoa, com. pers.). Pero hasta la actualidad, las citas más fiables son las que hacen referencia a la década de los sesenta del siglo XVI.

Hasta hace pocos años, la primera cita de papas en Europa era la de Halminton (1934), citado posteriormente por Salaman (1949) y Hawkes & Francisco-Ortega (1992). Halminton encontró en los libros de contabilidad del Hospital de la Sangre de Sevilla del Archivo Hispalense la fecha de 1573 como la cita más antigua de llegada de papas a la Europa continental. Hawkes & Francisco-Ortega (1992), añadieron a lo propuesto por Hamilton, que las papas habían sido compradas por el Hospital en diciembre, lo que indicaría que habían sido cosechadas en España, pues es muy poco probable que las papas cosechadas en Sudamérica en marzo-abril fueran consumidas en Europa después de septiembre.

Sin embargo, en Canarias, la probable primera cita de papas, la realizó el autor portugués Gaspar Frutuoso en su Descripción de las Islas Canarias del libro I de “Saudades da Terra”. Según el traductor al castellano de esta obra, el profesor Pedro-Neasco Leal, la cita que se realiza para la isla de La Gomera y La Palma, podría haber sido el primer texto en portugués en el que se empleó el término *batata* por “patata”. Esta aportación de Frutuoso podría datarse entre 1560 y 1564, pues para las islas de Tenerife, La Palma y La Gomera no da fechas posteriores a 1563. Sin embargo, esta cita presenta la más que probable confusión entre las dos especies citadas que ya se originaba en aquella época.

Hasta ahora la más antigua referencia de papas en Canarias, y que ha tenido una mayor difusión mundial, data de noviembre de 1567, en la que un notario público da fe del envío de mercancías desde Gran Canaria a Amberes (Lobo-Cabrera, 1988).

“...Y así mismo recibo tres Barriles medianos que decis

Lleven patata y naranjas e Lemones berdes”.

Lobo Cabrera (1988) cree que estas papas debieron ser plantadas en torno a 1560, mientras que Hawkes & Francisco-Ortega (1993) las ubican en 1562, pues estiman que en aquella época serían necesarios unos 5 años de cultivo para producir suficiente cantidad de papas para su exportación. Una nueva cita de la papa en Canarias es la siguiente (Hawkes & Francisco-Ortega, 1993):

“... Así mismo vinieron de Tenerife dos barriles de Patatas y ocho (...) llenos de aguardiente”.

Para esta cita, y del mismo modo que para la isla de Gran Canaria, Hawkes & Francisco-Ortega (1993) señalan que la fecha del envío podría indicar que las papas fueron producidas en las Islas Canarias, pues según estos autores estas papas cosechadas en marzo o abril en América, no podían ser embarcadas en noviembre en un puerto canario.

Indudablemente las papas fueron una mercancía sujeta a comercio, lo que explicaría su temprano paso por Canarias. No podemos olvidar que Canarias gozó desde un primer momento de una excepción al rígido monopolio del comercio andino, el cual reservaba para las importaciones y exportaciones a las colonias un único puerto de la Península, por el que tendría que entrar o salir todo lo que se trajese o llevase de América. Esta excepcionalidad es explicada en un primer momento por la necesidad imperiosa de atender el abastecimiento de las Indias y la natural ventaja de hacerlo desde el territorio castellano más próximo (Peraza de Ayala, 1977).

Sobre la introducción y cultivo de las papas en Canarias, Bandini (1816) describe lo expuesto en los manuscritos no publicados hasta 1866, pero escritos con anterioridad a 1799, del Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias de Viera y Clavijo. Viera y Clavijo (1866), cita la tradición de que fue D. Juan Bautista de Castro (en el texto de Bandini existe un error en los apellidos) quien las sembró en sus posesiones de Icod el Alto (Fig. 2), habiéndolas traído de Perú en 1622. Bandini cifra la producción de papas en Canarias en 127.697 fanegas, además de determinar la existencia de las mismas en las siete islas del archipiélago.

Las papas que hoy existen en el viejo continente difieren significativamente de aquellas primeras entradas, ya que los agricultores y fitomejoradores han ido seleccionando los cultivares más adaptados y con mejores calidades y producciones. Pero en Canarias, el proceso no ha sido el mismo, ya que existen múltiples cultivares locales que se asemejan a los de los países andinos, y que son multiplicados por los agricultores generación tras generación. Esto hace pensar que descienden de los primeros tubérculos que llegaron a las islas procedentes de América (Huaman, 2000, com. pers.; Ríos, 2002).



Fig. 2. Agrosistema de cultivo de las papas en Icod el Alto.

En el siglo XVIII las papas comienzan a convertirse en uno de los elementos más importantes de la dieta de los canarios. Según Sánchez-Manzano (1984), la cantidad y calidad de la cosecha que se producía de papas afectaba al precio del otro alimento básico como el trigo. La expansión en Canarias del tubérculo americano coincide con la crisis vitícola, pudiendo comprobar la importancia del cultivo a finales del siglo XVII y principios del XVIII si analizamos el momento a partir del cual el diezmo de papas se individualiza dentro de los pagados a la Iglesia. Según Macías (1986), en Gran Canaria debemos esperar hasta 1809 para ver a las papas fuera del grupo que forman “huertas y pollos”, mientras que en Tenerife desde 1681 lo encontramos individualizado del mencionado grupo. Las Memorias de Lope Antonio de la Guerra i Peña, Regidor Perpetuo de la Isla de Tenerife, para los años 1778 y 1779, dejan constancia de la importancia de este cultivo:

“Las papas, según lo que se ha aumentado su plantio se puede considerar su cosecha en segundo lugar [detrás del viñedo]”. Cuaderno III. p. 56.

“Las Papas es otra de las cosechas que abundan y que se han aumentado mucho de unos años á esta parte. (...). La gente pobre se alimenta mucho con éste fruto”. Cuaderno III. p. 20

En 1781 el mismo Lope Antonio de la Guerra i Peña escribe que este cultivo había alcanzado una gran importancia entre las clases populares de las Islas:

“La cosecha de millo y legumbres fue buena con lo que se han remediado los pobres, cuyo pral alimento suele ser el gofio de millo, y papas” Cuaderno III. p. 72.

Del mismo modo, D. José de Bethencourt y Castro, en 1800, nos indica que los pobres, *“...prefieren una fanega de papas a la de cualquier otro grano”* (Rodríguez, 1992).

A mediados del siglo XIX, el Diccionario de Madoz (1845) nos relata la existencia de unas papas en Gran Canaria *“... muy azúcaradas, de un color amarillento y de un gusto esquisito; ...”*

El que fuera alcalde del Puerto de la Cruz, en Tenerife, D. Agustín Álvarez Rixo, en su estudio sobre las papas *“Las Papas: memoria sobre su introducción, cultivo, importancia notable de su producto en las islas, y recomendable cualidad para los navegantes por ser dicho tubérculo eficaz preservativo contra la enfermedad del escorbuto”* (1868), enumera cultivares antiguos como Melonera (Fig. 3), Peluquera, Negra del Sur, Bonitas, Blanca del Ojo Azul, Sietecueros, etc., distinguiendo en función de la fecha del año en que se recolectan los tubérculos entre *“veraneras, inverneras y de medio tiempo”*.



Fig. 3. Tubérculos del cultivar Borralla o Melonera.

En los Archivos de Santa Úrsula figuran los datos de llegada de papas de semilla en el siglo XIX desde Irlanda, Holanda e Inglaterra, y también desde Lanzarote y Fuerteventura (Rodríguez, 1992).

Como ya se ha reseñado, los primeros datos históricos (1560-1567) de la presencia de papas en Canarias son anteriores a la primera fecha de entrada de papas en Europa (1573). Estas primeras introducciones podrían pertenecer a la ssp. *andigena*, tanto por las descripciones, como por los herbarios conservados. Así mismo, según Hawkes & Francisco-Ortega, (1993), un barco que embarcase las papas de Chiloe (ssp. *tuberosum*), no era capaz de llegar a Europa con las papas en buen estado, lo que es confirmado aún más por el hecho de que los viajes directos por el Estrecho de Magallanes no habrían de producirse hasta 1579. Sin embargo, Ríos *et al.* (2007) cuestionan este probable único origen, determinando una alta probabilidad de que pudieran existir cultivares de papas en Canarias introducidas de forma paralela de Los Andes y de Chiloe, siendo difícil determinar el origen concreto de todos los cultivares de papas que hoy se cultivan en estas islas, pues además se han producido numerosas entradas de papas europeas a lo largo de los dos últimos siglos. Así mismo, tal como establecen Spooner & Hetterscheid (2005), las papas podrían haber sido introducidas en Europa no sólo como tubérculos, sino como plantas en macetas o semillas sexuales, hecho este muy probable en aquella época.

Primeros estudios morfológicos y taxonómicos de las papas canarias

Las primeras descripciones de los cultivares aparecen en la literatura de Canarias en 1816 cuando Bandini, en *“Lecciones Elementales de Agricultura: teórica, práctica y económica”*, dice:

“Hai de ellas muchas variedades: tempranas y tardías; de flor blanca, rosada, cenicienta o azul; de un epidermis blanco, pardo, amarillo, roxo, ó morado; de figura redonda, larga, ovalada, esquinada, con excrecencias...”

En el *“Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias”*, Viera y Clavijo (1866), describe algunas papas de finales del siglo XVII como sigue:

“...según la variedad de sus castas. Unas son de cutis pálido, otras morado, otras rojizo, otras amarillento”.

Para Hernández (2000) la papa compartía superficie de cultivo con el millo, las hortalizas y las legumbres, ocupando un espacio importante a partir del siglo XVII, ya que se trataba de un cultivo que permitía varias cosechas al año y que pronto se incorporó a la dieta básica. Según este autor, se plantaron muchas variedades locales, algunas de las cuales han desaparecido o están a punto de desaparecer, además considera que el

mayordomo de la Hacienda de las Palmas de Anaga (caserío situado en el macizo de Anaga en Tenerife) en 1772 se está refiriendo a las papas Moras (*Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum*) cuando dice:

“...en cuanto a las papas moradas, yo devo onse almudes y mi conpadre Salvador almud y medio. Yo las tengo encargadas a Francisco Meliá, quien dixo me abisaría para mandar por ellas”

Esta cita tiene una enorme importancia en los orígenes de las papas locales de Canarias como se expondrá posteriormente.

En el “*Tratado sobre el Cultivo, Uso, y Utilidades de las Patatas ó Papas*” de D. Enrique Doyle (1797) ya se atisban diferencias morfológicas y agronómicas en los cultivares que describen en Canarias:

“...en las islas de Canarias se plantan y sacan tres cosechas de patatas al año. Las primeras se plantan en el mes de Enero, y las cogen á fines de Julio, las que llaman veraneras. Las segundas, que se llaman tempranas, se plantan en Septiembre y cogen en Diciembre. Otras que llaman las de Mayo, se plantan en Noviembre y las cogen en dicho mes de Mayo”.

Es muy importante indicar que el largo ciclo de cultivo que se desprende de la mencionada cita es una característica de los cultivares de la ssp. *andigena*.

Algunos de los cultivares citados por Álvarez Rixo (1868), son coincidentes en su denominación con los cultivares actuales: Negra del Sur, Blanca del Ojo Azul, Melonera o Amarillosa, Blanca Rosada que dicen Peluquera, Triste o Violada, Blanca Montañera, Colorada Montañera, Borralla, Violada o Morada, Blanca con Vetas Encarnadas u Ojo de Perdiz, Blancas con Vetas Violadas, Sietecueros, Encarnada Sucia, Canaria Encarnada con Ojos Blancos, Londreras y Norteras, Londreras y Norteras de Color Acarminado, Encarnadas de Lanzarote o Bonitas y Moradas de Lanzarote.

Muy posteriormente, en 1955, Zubeldia *et al.*, en su trabajo “*Estudio, Descripción y Clasificación de un Grupo de Variedades Primitivas de Patata Cultivadas en las Islas Canarias*”, confirmaron la presencia de siete cultivares pertenecientes a *Solanum tuberosum* ssp. *andigena* (Torrenta, Bonita, Bonita Ojo de Perdiz, Bonita Colorada, Bonita Negra y Torrenta o Bonita Sietecueros), dos cultivares de *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* (Peluca Rosada y Moruna) y un cultivar triploide encuadrado taxonómicamente en la especie *S. mamilliferum*, conocido localmente como Negra, hoy formando parte del heterogéneo grupo de la especie *S. chaucha*, lo que fue corroborado posteriormente por Hawkes & Francisco-Ortega (1993).

Chico (1986) confirmó lo establecido por Zubeldia *et al.* (1955), señalando además la presencia de cultivares de más reciente introducción probablemente procedentes de América debido a las altas corrientes migratorias desde Canarias. Es muy interesante la pequeña disertación sobre el encuadramiento taxonómico de la papa Negra (triploide) que hace al final de su trabajo.

Marrero (1992, 2007) en el primer trabajo etnobotánico realizado a través de entrevistas a agricultores estableció una clasificación de los cultivares para toda Canarias, diferenciando entre:

a) Cultivares autóctonos del grupo Andigena, derivados de los primeros que llegaron a Canarias desde mediados del siglo XVI. Marrero engloba aquí Azucenas, Coloradas (sinonimias: De Baga, Baga Colorada o Bonita Rosada Tardía), Bonitas (sinonimia: Marruecas), de diversos tipos (Blanca, Colorada, Negra, Ojo de Perdiz) Corralera, Blanca Yema de Huevo (sinonimia: Papa de Huevo), Negra Yema de Huevo (sinonimia: Papa de Huevo), Palmeras, Borralla y Tormenta Cultivar triploide Negra (sinonimias: Negra Ramuda, Negra del Sur, Negra Yema de Huevo) afín a *Solanum mamilliferum*.

b) Cultivares actuales sudamericanos del grupo Andigena, que en las últimas décadas han ido llegando desde distintas regiones de Venezuela, Colombia, etc. Los cultivares citados son Andina, Brasileña, Caraqueña, Colombiana y Venezolana. Los cultivares Venezolana y Andina fueron introducidos desde Venezuela por los emigrantes retornados desde el estado de Mérida a finales de los años 70 y principios de los 80 del siglo XX.

c) Cultivares autóctonos del grupo Tuberosum, llegados desde Europa hacia el siglo XVIII y XIX.

d) Cultivares comerciales tradicionales europeos del grupo Tuberosum, llegados de Inglaterra, Holanda, Irlanda, etc.

e) Cultivares comerciales actuales del grupo Tuberosum cuya “semilla” procede del norte de Europa (Irlanda del Norte, República de Irlanda, Escocia y Dinamarca), y también en los últimos años desde Chipre y Egipto.

Con respecto al grupo (b) establecido por Marrero (1992, 2007) cabe destacar que el cultivar conocido como Venezolana o Andina Negra que procede de Venezuela, concretamente de la región de Mérida, y cuya característica morfológica más destacable es el tubérculo morado con anteojos de color marrón claro, es una obtención mejorada en base a una población isogénica con diferentes resistencias (heladas, enfermedades fúngicas, etc.) lograda en Venezuela por el Dr. Mittelholzer a principios de los años 70 del siglo XX, a partir de material seleccionado de *Solanum*

tuberosum ssp. *andigena*, a la cual se denominó Merideña (Estrada-Ramos, com. pers.).

Álvarez & Gil (1996) confirmaron la presencia aún en los campos de Tenerife de los cultivares estudiados por Zubeldia *et al.* (1955). Gil (1997), basándose en lo descrito por Zubeldia *et al.*, situaron dentro de la ssp. *andigena* los siguientes cultivares: Terrenta, Azucena Negra, Azucena Blanca, Borralla, Bonita Blanca, Bonita Negra, Bonita Llagada, Bonita Colorada, Bonita Ojo (de) Perdiz, y Colorada de Baga. Cedrés (1998), confirmó de forma preliminar la triploidía de la variedad Negra, ubicándola dentro de la especie *Solanum chaucha*.

Álvarez & Gil (1996) clasificaron y localizaron los cultivares de la isla de Tenerife, diferenciando:

- (a) Papas correspondientes a variedades locales cuya antigüedad se desconoce, y que pertenecen en principio por sus características morfológicas a la ssp. *andigena* o a la especie *Solanum x chaucha*;
- (b) Papas introducidas a lo largo del siglo XX, procedentes probablemente del Reino Unido, cuya semilla se ha dejado de importar hace muchísimos años y se conservan únicamente por la labor de los propios agricultores;
- (c) Papas traídas más recientemente por los emigrantes retornados de Sudamérica; y
- (d) papas de importación reciente que continúan en la actualidad.

Mediante la técnica de microsátélites (también llamada de marcadores SSR, es una técnica de análisis molecular muy utilizada en genética para estudiar el parentesco o las poblaciones), Pérez *et al.* (1999) determinaron las diferencias entre los cultivares Peluca Negra, Negra, Palmera Negra y Borralla y los compararon con la variedad comercial King Edgard. Estos autores encontraron agrupados los cultivares Negra y Borralla por una parte, y Peluca Negra y Palmera Negra por otra, así como que ambos grupos se unen y se diferencian muy claramente de la variedad comercial King Edward.

Rodríguez (2000) realizó una caracterización básica de catorce cultivares locales de la isla de Tenerife: Azucena Blanca, Azucena Negra, Bonita Blanca, Bonita Colorada, Bonita Llagada, Bonita Ojo de Perdiz, Bonita Negra, Colorada, Torrenta, Borralla, Mora, Negra, Andina Blanca y Andina Negra. En base a esa caracterización sostiene que once de estos cultivares tienen características propias de la ssp. *andigena* y dos (Mora y Borralla), presentan características propias tanto de la ssp. *andigena* como de la ssp. *tuberosum*. En un conteo de cromosomas de los catorce cultivares confirmó la triploidía del cultivar Negra, y la tetraploidía del resto de ellos.

Tabla 1. Entradas de cultivares de papas de la isla de Tenerife caracterizadas por Ríos (2002).

Código	Nombre vernáculo	Zona	Municipio	Nombre codificado	Ploidía
1	Bonita Blanca	Benijos	La Orotava	BbO	48
2	Bonita Negra	Benijos	La Orotava	BnO	48
3	Bonita Colorada	Benijos	La Orotava	BcO	48
4	Bonita Ojo de Perdiz	Benijos	La Orotava	BpO	48
5	Colorada de baga	Benijos	La Orotava	CoO	48
7	Azucena Negra	El Pastel	Tacoronte	AnT	48
8	Azucena Blanca	El Pastel	Tacoronte	AbT	48
9	Blanca Negra	El Pastel	Tacoronte	NbT	36
10	Colorada de Baga	Las Rosas	El Rosario	CoE	48
11	Terrenta	La Esperanza	El Rosario	T-E	48
14	Negra Yema de Huevo	La Esperanza	El Rosario	N-E	36
15	Azucena Negra	El Palmar	Buenavista	AnB	48
18	Melonera	Teno Alto	Buenavista	MIB	48
19	Peluca Blanca	Teno Alto	Buenavista	LbB	48
20	Peluca Negra	Teno Alto	Buenavista	LnB	48
21	Bonita Negra	Palo Blanco	Los Realejos	BnR	48
24	Marrueca Blanca	Palo Blanco	Los Realejos	MbR	48
25	Peluca Rosada	Los Charcos	La Matanza	LrM	48
27	Bonita Negra	Fuente Grande	La Guancha	BnG	48
30	Bonita Llagada	Fuente Grande	La Guancha	BIG	48
31	Bonita Ojo de Perdiz	Fuente Grande	La Guancha	BpG	48
32	Marrueca	Fuente Grande	La Guancha	MaG	48
33	Borralla	Las Carboneras	La Laguna	BoL	48
35	Palmera Colorada	Roque Negro	Santa Cruz	PcS	48
36	Palmera Lagarteadada	Roque Negro	Santa Cruz	PIS	48
37	Brasileña o Grasiñeña	Roque Negro	Santa Cruz	G-S	48
41	Venezolana Negra	Arese	Fasnia	VnF	48
44	Bonita Colorada	Icod el Alto	Los Realejos	BcR	48
50	De Baga	Icod el Alto	Los Realejos	CoR	48
51	Azucen Negra	La Canaria	La Guancha	AnG	48
52	Azucena Blanca	La Canaria	La Guancha	AbG	48
53	Colorada de Baja	La Canaria	La Guancha	CoG	48
56	Moras	Las Carboneras	La Laguna	MoL	48
57	Palmera Negra	La Zarza	Fasnia	PnF	48
58	Palmera Colorada	La Zarza	Fasnia	PcF	48
59	Palmera Blanca	La Zarza	Fasnia	PbF	48
60	Peluca Rosada	Benijos	La Orotava	LrO	48
61	Terrenta	B. Las Lajas	Tacoronte	T-T	48
62	Peluca Blanca	Pinolere	La Orotava	LbO	48
63	Negra Yema de Huevo	El Pastel	Tacoronte	N-T	36
64	Negra Oro	El Pastel	Tacoronte	NoT	36

Morfología de las papas canarias mediante la taxonomía numérica

Los primeros estudios morfológicos de las papas de Canarias utilizando métodos de taxonomía numérica (técnica que agrupa a los organismos en base a su similitud morfológica sin considerar sus relaciones evolutivas, y muestra sus parecidos en una representación gráfica en forma de árbol, ‘dendrograma’, que resume el proceso de agrupación en un análisis de clusters) los realizó Ríos (2002) empleando 52 caracteres cualitativos y cuantitativos, en su mayoría codificados y métricos, propuestos por Huaman en diversas publicaciones. Con un tratamiento similar al que realizaron Huaman & Spooner (2002) elaboró, tras tres años de caracterización (uno preliminar y dos de forma exhaustiva), los agrupamientos de 41 entradas de papas de Tenerife (Tabla 1) que se muestran en la Figura 4. Asimismo, se realizó el estudio citogenético de las 41 entradas según la metodología de Watanabe & Orillo (1991, 1993) determinando la ploidía de las mismas. En este trabajo se obtuvo una excelente correlación entre los grupos obtenidos en el dendrograma y la clasificación popular que realizan los agricultores, tal como se observa en la Figura 4.

En el mismo trabajo, Ríos (2002) realizó un análisis de componentes principales (técnica para determinar las causas de la variabilidad de un conjunto de datos y ordenarlos por importancia). En la Figura 5 se presenta el resultado de los dos primeros componentes principales, teniendo el primer componente una mayor contribución de los caracteres: longitud del foliolo terminal, número de tallos por planta y longitud del primer foliolo lateral; mientras que el segundo componente tiene una mayor contribución de los caracteres: número de ojos del tubérculo, forma de la base del foliolo terminal y sobreposición de los foliolos laterales. Los resultados parecen indicar la existencia de tres grupos claros:

- Un grupo formado por todas las entradas de papas con caracteres de la *ssp. tuberosum*, entre las que encontramos las Pelucas (Fig. 6), Palmeras (Fig. 7), Moras, Borrallas, y extrañamente el triploide Negra (Fig. 8). Todas estas entradas, a excepción del triploide Negra, son clasificadas por Ríos (2002) como pertenecientes a la *ssp. tuberosum*.
- Un grupo intermedio formado por las Venezolanas (Fig. 9), probablemente el cultivar híbrido Merideña obtenido por fitomejora (Estrada-Ramos, com. pers.) y las Coloradas o De Baga (Fig. 10).
- Por último, todas las entradas de Bonitas (Figs 11 y 12), Azucenas (Figs 13 y 14) y Terrentas (Fig. 15) se agruparon principalmente en función del primer componente, formando un grupo de cultivares que Ríos (2002) encuadró en la *ssp. andigena*.

La ubicación del cultivar Negra, triploide, parece no responder con total claridad a la de la especie *Solanum chaucha*. Para Ríos (2002), es necesario profundizar en estudios que aportarán una información valiosa acerca del origen de los cultivares triploides que atribuimos a la especie *S. chaucha*, ya que como señalan Ochoa (1975) y Jackson *et al.* (1977) para Sudamérica, estos triploides se pudieron haber originado en diferentes sitios y por diferentes caminos.

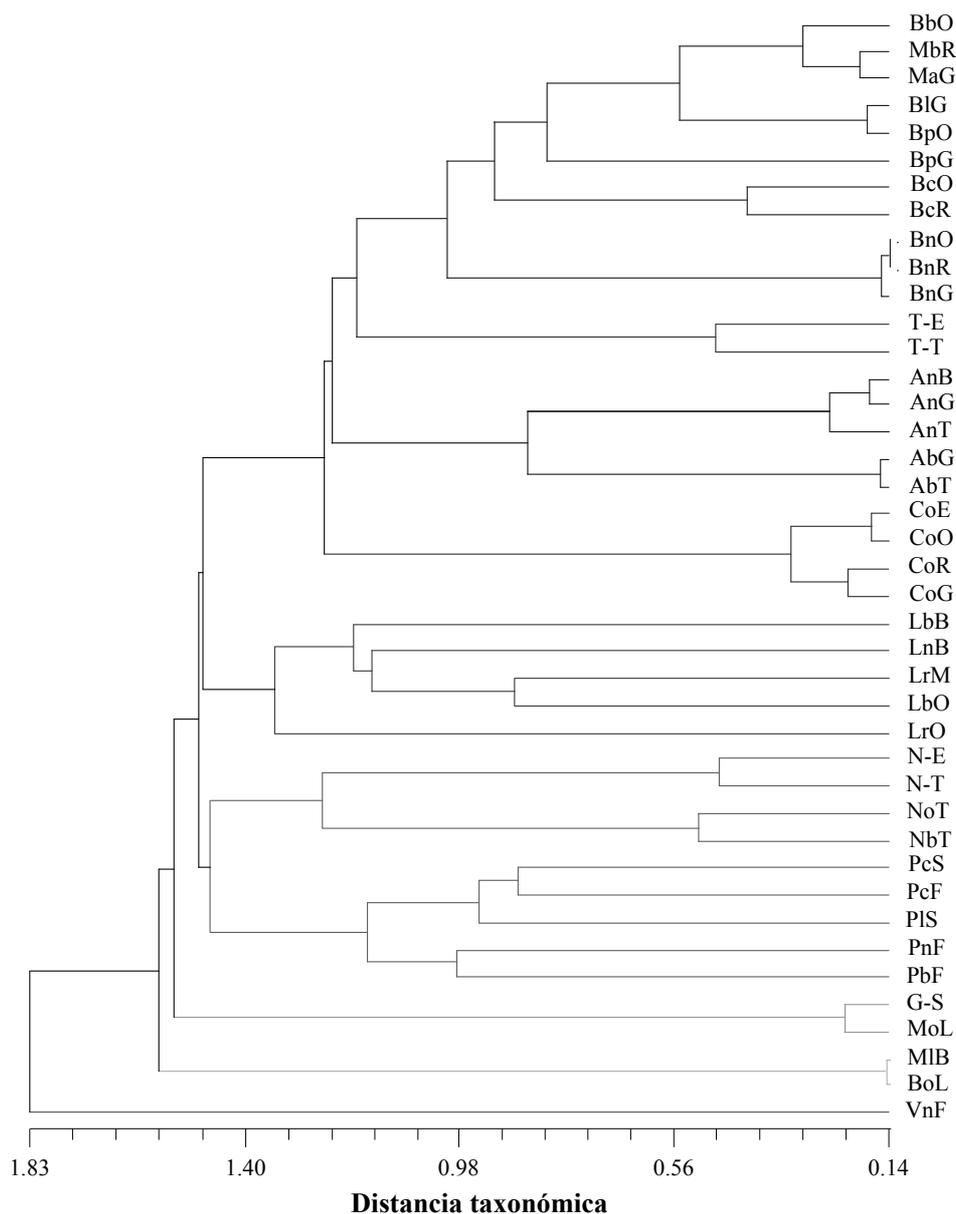


Fig. 4. Dendrograma obtenido utilizando caracteres cuantitativos (Ríos, 2002).

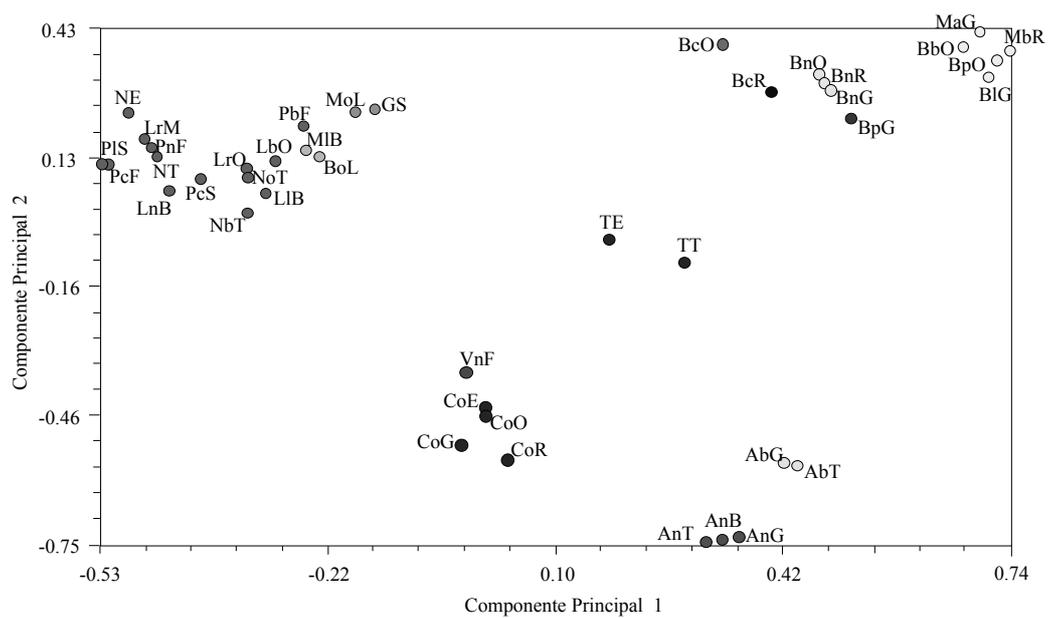


Fig. 5. Análisis de componentes principales realizado por Ríos (2002).



Fig. 6. Tubérculos del cultivar Peluca negra.



Fig. 7. Tubérculos del cultivar Palmera colorada.



Fig. 8. Tubérculos del cultivar Negra.



Fig. 9. Tubérculos del cultivar Venezolana.



Fig. 10. Tubérculos del cultivar Colorada de бага.



Fig. 11. Tubérculos del cultivar Bonita blanca.



Fig. 12. Tubérculos del cultivar Bonita negra.



Fig. 13. Tubérculos del cultivar Azucena negra.



Fig. 14. Tubérculos del cultivar Azucena blanca.



Fig. 15. Tubérculos del cultivar Torrenta o Terrenta.

Estudios de diversidad mediante técnicas moleculares

Con las mismas entradas con que Ríos (2002) realizó la caracterización morfológica, Barandalla *et al.* (2006) realizaron un estudio molecular mediante 19 marcadores SSR. Sus resultados presentan una gran similitud con los resultados morfológicos obtenidos con la taxonomía numérica, estableciendo grupos muy similares. En la Figura 16 se presenta el dendrograma con los agrupamientos obtenidos en este trabajo.

Posteriormente, Ríos *et al.* (2007), utilizando 24 microsatélites (Fig. 17) y un marcador de DNA de una deleción característica de los cultivares pertenecientes a la *ssp. tuberosum* (Fig. 18) realizaron un primer estudio de aproximación filogenética de las papas canarias. En este trabajo se analizaron 25 entradas de cultivares de Sudamérica provenientes de la colección del Centro Internacional de la Papa (CIP). En concreto, de la región andina (12 de *Solanum tuberosum ssp. andigena*, 2 de *S. chuacha*, 4 de *S. stenotomun*, 2 de *S. phureja* y 3 outgroups formados por 2 de las especies silvestres *S. bukasovii* y 1 de *S. chilliasense*). Además, se incluyeron 5 accesiones del archipiélago de Chonos en Chile clasificadas en la *ssp. Tuberosum*; y por último, 19 accesiones de Canarias, previamente estudiadas por Ríos (2002) y Barandalla *et al.* (2006), y encuadradas en las

diferentes especies existentes en Tenerife. La totalidad de las entradas analizadas se exponen en la Tabla 2. Además, el marcador de la delección típica de la ssp. *tuberosum* se analizó en 150 entradas de *S. chaucha* del CIP y no se detectó en ningún caso la delección típica de la ssp. *tuberosum*, que sin embargo, si estaba presente en los dos triploides canarios analizados.

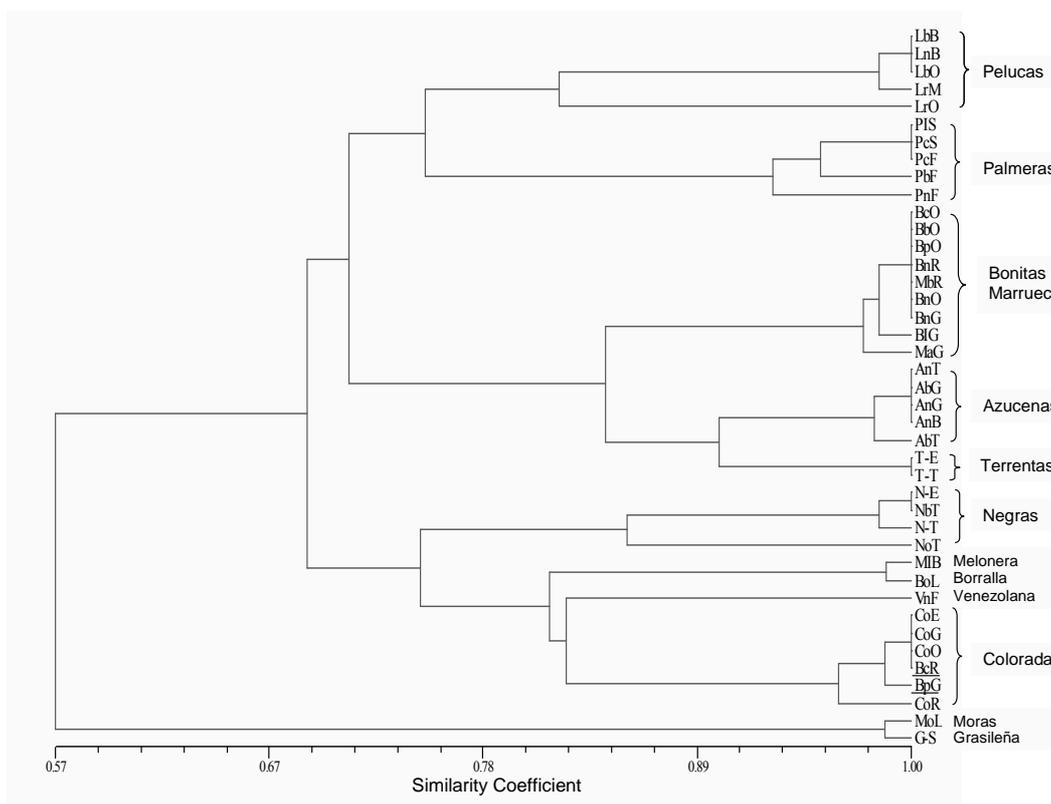


Fig. 16. Dendrograma obtenido por Barandalla *et al.* (2006).

Mediante el coeficiente de similitud Nei72 y el método neighbor-joining se construyó el árbol filogenético, que se presenta en la Figura 19. Los resultados muestran que los cultivares pertenecientes a la ssp. *tuberosum* forman un grupo, destacando la existencia en todos ellos de la delección típica de esta subespecie que se ha señalado en el árbol con una ‘T’ al final de cada cultivar. Además, el cultivar Mora, Brasileña o Grasienseña, se encuentra conjuntamente con las entradas del archipiélago de Chosnos. Aquí es importante reseñar la cita de 1772 comentada anteriormente de Hernández (2000), que nombra las papas Moradas en las Hacienda de las Palmas en Anaga, actual reducto de cultivo de este cultivar de papa, que dice:

“...en cuanto a las papas moradas, yo devo onse almudes y mi conpadre Salvador almud y medio. Yo las tengo

encargadas a Francisco Meliá, quien dixo me abisaria para mandar por ellas”

Hernández (2000), considera que el mayordomo de las Palmas de Anaga se está refiriendo a las papas Moras. Este dato es de suma importancia, pues sería la primera cita de una papa perteneciente a la ssp. *tuberosum* en Canarias, y por lo tanto, muy anterior a la hambruna de 1845 en Irlanda.

Tabla 2. Entradas de cultivares de papas analizadas por Ríos *et al.* (2007).

Taxon	Entrada	Nombre del cultivar	Localización
Entradas cultivadas			
Grupo Andigenum	CV1	'Bonita Blanca'	Tenerife. La Orotava
Grupo Andigenum	CV15	'Azucena Negra'	Tenerife. Buenavista
Grupo Andigenum	CV 21	'Bonita Negra'	Tenerife. Los Realejos
Grupo Andigenum	CV30	'Bonita Llagada'	Tenerife. La Guancha
Grupo Andigenum	CV44	'Bonita Colorada'	Tenerife. Los Realejos
Grupo Andigenum	CV50	'De Baga'	Tenerife. Los Realejos
Grupo Andigenum	CV51	'Azucena Negra'	Tenerife. La Guancha
Grupo Andigenum	CV52	'Azucena Blanca'	Tenerife. La Guancha
Grupo Andigenum	CV53	'Colorada de Baga'	Tenerife. La Guancha
Grupo Andigenum	CV61	'Terrenta'	Tenerife. Tacoronte
Grupo Andigenum	CV8	'Azucena Blanca'	Tenerife. Tacoronte
Grupo Andigenum	700031	'Hualash'	Perú. Carrión Palca
Grupo Andigenum	700223	'Yana 'or 'Chiar Imilla'	Perú. Puno
Grupo Andigenum	700921	'Ccompis'	Perú. Cuzco
Grupo Andigenum	702477	'Yana Puma Maqui'	Peru. Tambillo
Grupo Andigenum	703240	'Sani Imilla'	Bolivia. Cochabamba
Grupo Andigenum	703243	Imilla Blanca'	Bolivia. Cochabamba
Grupo Andigenum	703284	'Puca Ticka'	Bolivia. Cochabamba
Grupo Andigenum	703346	'Huaycha Pacena'	Bolivia. Cochabamba
Grupo Andigenum	703748	'Huagalina'	Peru. La Libertad
Grupo Andigenum	704353	'Puna'	Ecuador. Chimborazo
Grupo Andigenum	704429	'Guincho Negra'	Peru. Chachapoyas
Grupo Andigenum	705665	'Pellejo de Cuy'	Perú. S.C. de Miopapa
Grupo Chaucha	CV63	'Negra Yema de Huevo'	Tenerife. Tacoronte
Grupo Chaucha	CV9	'Blanca Negra'	Tenerife. Tacoronte
Grupo Chaucha	702230	'Huayro'	Perú. Ayacucho
Grupo Chaucha	704710	Unknown	Perú. Huanuco
Grupo Chilotanum	CV18	'Melonera'	Tenerife. Buenavista
Grupo Chilotanum	CV20	'Peluca Negra'	Tenerife. Buenavista
Grupo Chilotanum	CV25	'Peluca Rosada'	Tenerife. La Matanza

Tabla 2. cont.

Taxon	Entrada	Nombre del cultivar	Localización
Grupo Chilotanum	CV36	'Palmera Lagarteadá'	Tenerife. Anaga
Grupo Chilotanum	CV37	'Brasileña or Grasiieña'	Tenerife. Anaga
Grupo Chilotanum	CV58	'Peluca Colorada'	Tenerife. Fasnia
Grupo Chilotanum	703606	'Papa Chonca'	Chile. Chiloé, Chonos Archipiélago
Grupo Chilotanum	703610	'Papa Cacho'	Chile. Chiloé, Chonos Archipiélago
Grupo Chilotanum	703611	'Papa Colorada'	Chile. Chiloé, Chonos Archipiélago
Grupo Chilotanum	705040	Unknown	Chile. Chiloé, Chonos Archipiélago
Grupo Chilotanum	705045	'Estrella'	Chile. Chiloé, Chonos Archipiélago
Grupo Phureja	705154	Unknown	Colombia. Dept. Nariño
Grupo Phureja	705825	Unknown	Colômbia. Mercaderes
Grupo Stenotomum	703783	Unknown	Peru. Puno
Grupo Stenotomum	705987	'Perla Limeña'	Peru. Cajamarca
Grupo Stenotomum	706025	'Puca Runtush or Cibra'	Peru. Carrion, Chinchi
Grupo Stenotomum	706668	'Yana Huayro'	Peru. Canchaplaca
Especies silvestres outgroups			
S. bukasovii	761220		Peru. Huarochiri
S. bukasovii	761223		Peru. Huarochiri
S. chilliasense	761590		Ecuador. Cordillera Chillia

Un grupo de papas como son las Meloneras, Coloradas y Negras forman una rama, que se une al grupo de la ssp. *tuberosum*, pero con la particularidad de que las Meloneras y las Negras tienen la delección de la ssp. *tuberosum* (T), lo que Ríos *et al.* (2007) justifican por su probable naturaleza híbrida. Esto estaría muy en consonancia con los grupos morfológicos establecidos por Ríos (2002), ya que las Meloneras o Borrallas quedan englobadas dentro de los cultivares de la ssp. *tuberosum*, las Negras se agrupan morfológicamente con éstas y las Coloradas quedan entre los agrupamientos formados por las papas pertenecientes a la ssp. *andigena* y a la ssp. *tuberosum*.

Ríos (2002) en un estudio ecofisiológico de las cultivares Negra a dos altitudes en la isla de Tenerife, ya determinó un buen comportamiento de los mismos a baja altitud, mientras que los cultivares conocidos como Bonitas pertenecientes a la ssp. *andigena* no consiguieron apenas tuberizar. Este comportamiento agronómico del cultivar triploide Negra es extraordinariamente raro, ya que se trata según Hawkes (1990) de una especie de altas altitudes en la Cordillera Andina.

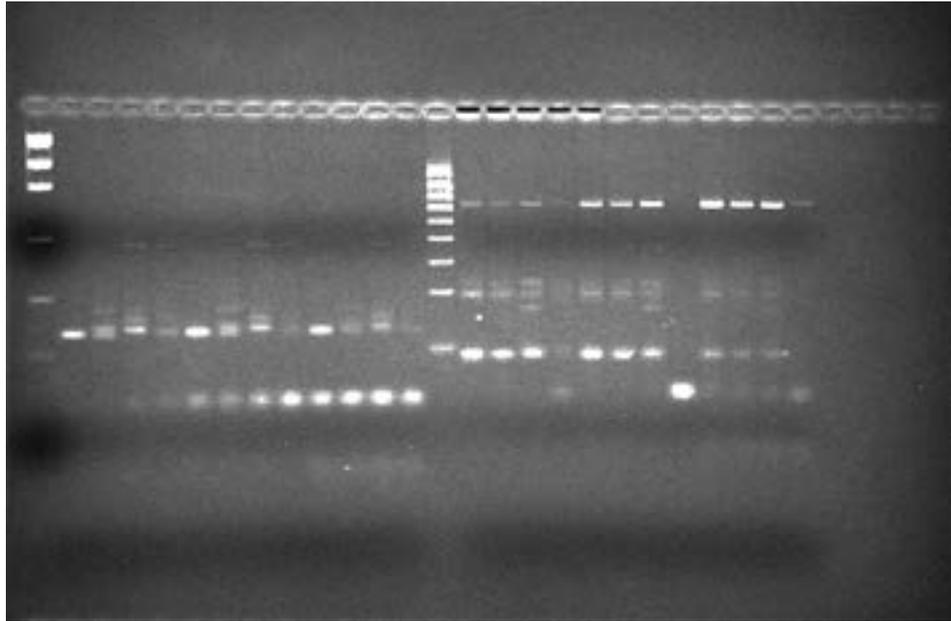


Fig. 17. Gel con marcador SSR (los microsatélites se pueden visualizar haciéndolos migrar por electroforesis en geles de sacarosa).



Fig. 18. Gel del marcador de la delección de la ssp. *tuberosum* a 247 bp.

Las entradas canarias de la ssp. *andigena* forman un cluster independiente, pero que se une a cierta distancia genética a las entradas de origen sudamericano de la misma subespecie, lo que indicaría una cierta evolución de los cultivares canarios que los distingue de los andinos. Esto podría indicar la existencia en canarias de un posible Centro Secundario de la papa.

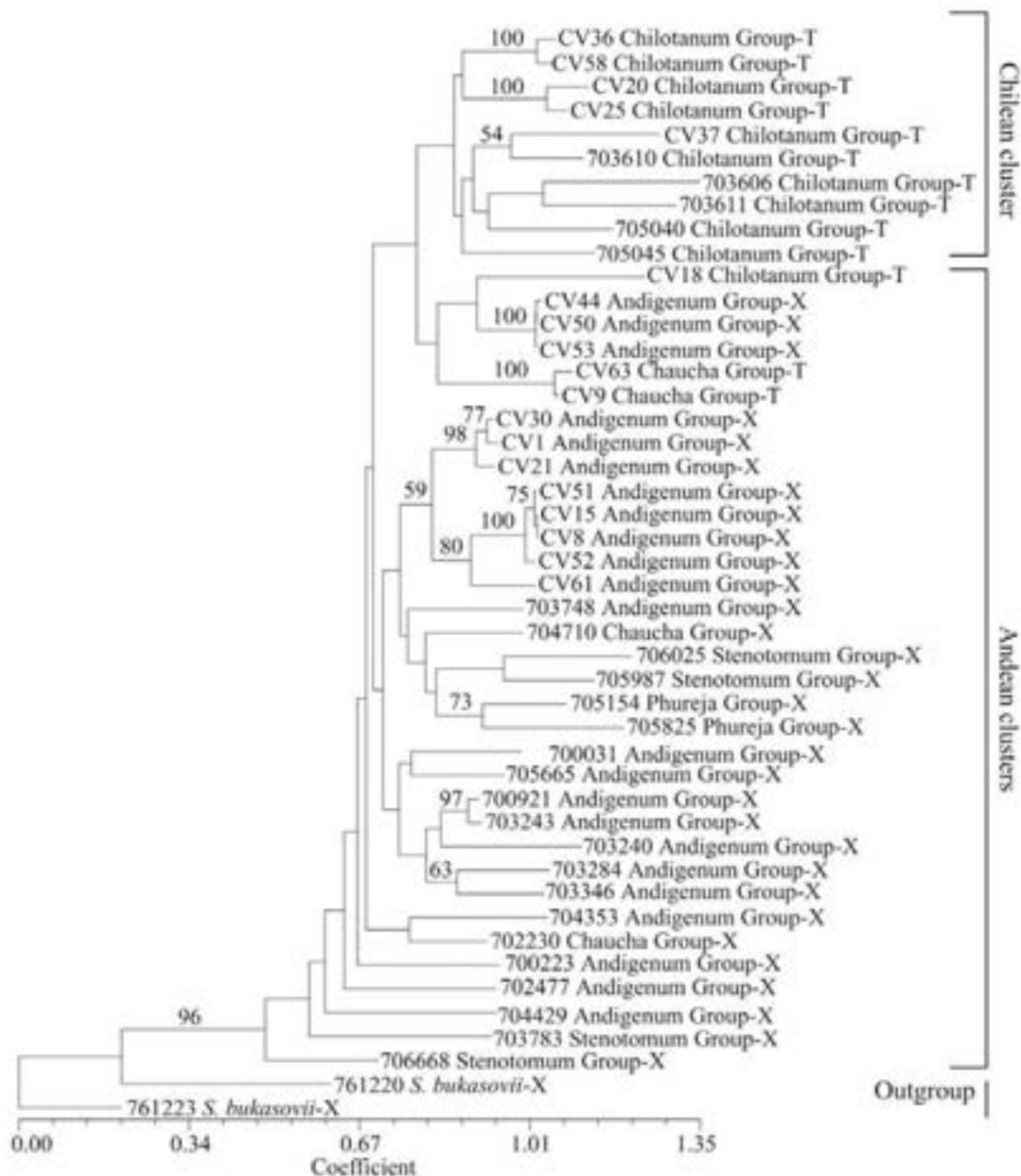


Fig. 19. Árbol obtenido por Ríos *et al.* (2007).

Conclusiones

Los datos obtenidos en los últimos estudios, parecen indicar que Canarias es un Centro Secundario de la papa, pues en ellas existe un gran número de cultivares antiguos con cierta originalidad, cultivándose en la actualidad más de 1000 hectáreas de los mismos (Ríos *et al.*, 1999). Probablemente, la intervención y selección de nuestros agricultores durante siglos, el más que probable uso de la semilla sexual para su multiplicación tal como indicaba en 1799 Viera y Clavijo (1866) y la posibilidad de que

existieran otras especies en las islas en el pasado, han originado una diversidad algo distinta a la de su Centro de Origen en América (Fig. 20).

La conservación *in situ* de estas papas es hoy más necesaria que nunca, debiendo establecer las administraciones públicas las políticas necesarias para que los agricultores puedan diferenciar este producto en los mercados, así como mejorar sus rentas. Esto permitiría la mejor conservación posible, “*conservar con los agricultores y para los agricultores*”. Así mismo, la conservación *ex situ* requiere de los programas y financiación adecuados, estableciendo los proyectos debidamente financiados para continuar y mantener los programas de conservación actualmente existentes de estas papas.

Los últimos trabajos, abren nuevas fuentes de investigación de las papas canarias, pues cada día parecen ser más un reducto de papas de naturaleza andina y chilense, pero con rasgos distintivos, que podrían ser la clave para el estudio de las primeras papas que entraron en Europa y su posterior evolución. La biodiversidad de papas de Canarias podría ser considerada un centro secundario de variación de las papas que vinieron de América, ya que la posible selección que los agricultores han realizado durante años y en algunos casos durante siglos, han originado unas papas similares a las sudamericanas pero con su propia identidad.



Fig. 20. Una visión de la biodiversidad de papas de Tenerife.

A las relaciones entre la biodiversidad de las papas andinas y canarias hay que unir la gran similitud entre multitud de costumbres asociadas al cultivo de las mismas que hoy existen en la isla de Tenerife, que van desde la selección de la semilla (Figs 21 y 22) hasta la forma de almacenarlas.

Bibliografía

- ÁLVAREZ, C.E. & J. GIL (1996). Inventario de las papas presentes en la isla de Tenerife y de los nombres que en ella reciben. Hojas Divulgativas, nº 5. Servicio de Agricultura, Cabildo Insular de Tenerife. 33 pp.
- ÁLVAREZ RIXO, J.A. (1868). Las papas: memoria sobre su introducción, cultivo, importancia notable de su producto en estas islas, y recomendable cualidad para los navegantes por ser dicho tubérculo eficaz preservativo contra la enfermedad del escorbuto. *Boletín de la Real Sociedad Económica de Amigos del País de Las Palmas de Gran Canaria* 67: 68-73.
- AMES, M. & D.M. SPOONER (2008). DNA from herbarium specimens settles a controversy about origins of the European potato. *American Journal of Botany* 95: 252-257.
- BANDINI, J.B. (1816). *Lecciones elementales de agricultura teórica, práctica y económica*. Tomo I. Imprenta Bazzanti, San Cristobal de La Laguna.
- BARANDALLA, L., J.I. RUIZ DE GALARRETA, D. RÍOS & E. RITTER (2006). Molecular analysis of local potato cultivars from Tenerife Island using microsatellite markers. *Euphytica* 152: 283-291.
- CEDRÉS, M. (1998). Estudio taxonómico y agronómico de la “papa negra” en la Isla de Tenerife. Trabajo Fin de Carrera. Centro Superior de Ciencias Agrarias. Universidad de La Laguna. Sin publicar.
- CHICO, R.J. (1986). Estudio comparativo de variedades locales de papas. Trabajo Fin de Carrera. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad Politécnica de Canarias. La Laguna. Sin publicar.
- CORREL, D.S. (1962). The potato and its wild relatives: Section Tuberarium of the genus *Solanum*. Texas Research Foundation, Botanical Studies 4. 606 pp.
- DOYLE, E. (1797). Tratado sobre el cultivo, uso y utilidades de las patatas o papas. Imprenta Real. Madrid. 2ª Edición del texto de 1785.
- GIL, J. (1997). *El cultivo tradicional de la papa en la isla de Tenerife*. Ed. Asociación Granate. La Laguna. 160 pp.
- GRUN, P. (1990). The evolution of the cultivated potatoes. *Economic Botany* 44: 39-55.



Fig. 21. Seleccionando semilla de papa en una comunidad en Los Andes en el estado de Huancayo.

- HAMILTON, E. (1934). American Treasure and the Price Revolution in Spain, 1501-1650. Harvard Economic Studies, vol XLIII, 196 pp, nº 2. Citado por Salaman (1949).
- HAWKES, J.G. (1967). "The History of the Potato." En: Journal of the Royal Horticultural Society, Vol. 92.
- HAWKES, J.G. (1978). Biosystematics of the potato. En Harris, P.M. (Ed.) *The Potato Crop*. Chapman and Hall. pp. 15-69.
- HAWKES, J.G. (1990). *The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetic Resources*. Belhaven Press, Londres. 259 pp.
- HAWKES, J.G. & J. FRANCISCO-ORTEGA (1992). The potato in Spain during the late 16th Century. *Economic Botany* 46: 86-97.
- HAWKES, J.G. & J. FRANCISCO-ORTEGA (1993). The early history of the potato in Europe. *Euphytica* 70: 1-7.
- HERNÁNDEZ, J.M. (2000). Anaga en el antiguo régimen. En VV.AA. Historia de Anaga, Proyecto para el Parque Rural de Anaga. Fundación Universidad Empresa. La Laguna. Sin publicar.
- HUAMAN, Z. (1977). Descriptors for the cultivated potato and for the maintenance and distribution of germoplasm collections. International Board for Plant Genetic Resources. Roma, Italia.



Fig. 22. Seleccionando semilla de papa en Icod el Alto en Tenerife.

- HUAMAN, Z. (1994). Descriptores de la papa. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú.
- HUAMAN, Z. (1998). Collection, maintenance and evaluation of potato genetic resources. *Plant varieties and seeds* 11: 29-38.
- HUAMAN, Z., J.T. WILLIAMS, W. SALHUANA & L. VICENT (1977). Descriptors for the cultivated potato. International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). Roma, Italia.
- HUAMAN, Z. & D.M. SPOONER (2002). Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (*Solanum* sect. *Petota*). *American Journal of Botany* 89: 947-965.
- LOBO CABRERA, M. (1988). El comercio canario europeo bajo Felipe II. Viceconsejería de Cultura y Deportes de el Gobierno de Canarias y Secretaría Regional de Turismo, Cultura e Emigração de Governo Regional da Madeira. Funchal.
- MACÍAS HERNÁNDEZ, A. (1986). Fuentes para el estudio de la producción agraria de las Islas Canarias: el diezmo de la diócesis Canariense (1480-1820). *Anuario de Estudios Atlánticos* 32: 269-359.
- MADOZ, P. (1845). Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus Posesiones de Ultramar. Edición Facsímile. Canarias. Ámbito de Ediciones S.A. e Interinsular Canaria. Valladolid. 1986.
- MARKS, G.E. (1966). The enigma of triploid potatoes. *Euphytica* 15: 285-290.

- MARRERO, A. (1992). Cultivos tradicionales de papas en Canarias y su biodiversidad. Proceedings of the Ethnobotanical Congress. Córdoba. Sin publicar.
- MARRERO, A. (2007). Cultivos tradicionales de papas en Canarias. La otra biodiversidad. *Rincones del Atlántico* 4: 262-273.
- MATSUBAYASHI, M. (1991). Phylogenetic relationships in the potato and its related wild species. En Tsuchiya, T. & P.K. Gupta (Eds.) *Chromosome Engineering in plants: Genetics, Breeding and Evolution. Parte B*. Elsevier Science Publishers.
- PERAZA DE AYALA, J. (1977). El régimen comercial de Canarias con las Indias en los siglos XVI, XVII Y XVIII. Col. Anales de la Universidad Hispalense. Publicaciones de la Universidad de Sevilla.
- PÉREZ, J.A. N. MACA & J.M. LARRUGA (1999). Expanding informativeness of microsatellite motifs through the analysis of heteroduplexes: a case applied to *Solanum tuberosum*. *Theor. Appl. Genetic* 99: 481-486.
- OCHOA, C.M. (1975). Las Papas cultivadas triploides *Solanum x chaucha* y su distribución geográfica en el Perú. *Anales Científicos (Univ. Nacional de Los Andes)* 13: 31-44.
- OCHOA, C.M. (1990). *The Potatoes of South America. Bolivia*. Cambridge University Press. 512 pp.
- RÍOS, D. (2002). Caracterización morfológica y ecofisiológica de un grupo de cultivares locales de papas de Tenerife. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. 273 pp.
- RÍOS, D., M. GHISLAIN, F. RODRÍGUEZ & D.M. SPOONER (2007). What is the Origin of the European potato?. Evidence from Canary Island Landraces. *Crop Sci.* 47: 1271-1280.
- RÍOS MESA D., C. GALVÁN RODRÍGUEZ, J. GIL GONZÁLEZ, P. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, A. PERDOMO MOLINA & T. SUÁREZ ENCINOSO (1999). Propuesta de Reglamento de la Denominación de Origen Papas Antiguas de Canarias. Asociación Canaria de Papa de Color. 77 pp. Sin publicar.
- RODRÍGUEZ MESA, M. (1992). Historia de Santa Ursula. Ilustrísimo Ayuntamiento de Santa Ursula. S/C de Tenerife.
- RODRÍGUEZ, C. (2000). Características morfológicas de catorce variedades tradicionales de papa existentes en la isla de Tenerife. Proyecto Final de Carrera. Centro Superior de Ciencias Agrarias. Universidad de La Laguna. Sin publicar.
- SÁNCHEZ-MANZANO, F. (1984). La Laguna, 1800-1860: Un estudio de Historia Agraria. Memoria de Licenciatura. Facultad de Geografía e Historia, Universidad de La Laguna. Sin publicar.
- SALAMAN, R.N. (1949). *The history and social influence of the potato*. Cambridge University Press, Cambridge. 685 pp.

- SALAMAN, R.N. (1985). The potatoes of America and their relation on the early european varieties. En Hawkes, J.G. (Ed.) *The History and social influence of the potato*. Cambridge University Press.
- SPOONER D.M. & W.L.A. HETTERSCHIED (2005). Origins, evolution, and group classification of cultivated potatoes. En T.J. Motley et al. (Eds) *Darwin's harvest: New approaches to the origins, evolution and conservation of crops*. Columbia University Press, New York. pp. 285-307.
- SPOONER, D.M. & R.J. HIJMANS (2001). Potato genetic resources: sources of resistance and systematics. *American Potato Journal* 71: 325-337.
- UGENT, D. (1970). The Potato. *Science* 179: 1161-1166.
- VIERA Y CLAVIJO, J. (1866). *Diccionario de Historia Natural de las Islas Canarias*. Excma. Mancomunidad de Cabildos de Las Palmas. (Edición de 1982). Las Palmas de Gran Canaria.
- WATANABE, K.N. & M. ORILLO (1991). Técnica usada en el laboratorio de citogenética del Centro Internacional de la Papa (CIP) para determinar el número de cromosomas de la papa. Protocolo Interno del CIP. Sin publicar.
- WATANABE, K.N. & M. ORILLO (1993). An alternative pretreatment method for mitotic chromosome observation in potatoes. *American Potato Journal* 70: 543-548.
- ZUBELDIA, A, G. LÓPEZ-CAMPOS & A. SAÑUDO-PALAZUELOS (1955). Estudio, descripción y clasificación de un grupo de variedades primitivas de patata cultivadas en las Islas Canarias. *Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas*. Vol. XV, Cuaderno 225, 33: 287-324.

2. Patrimonio Vitícola de Canarias

Inmaculada Rodríguez Torres

*Instituto Canario de Investigaciones Agrarias
(ICIA)*

En Canarias el cultivo de la vid se introdujo desde el momento de la Conquista y el aislamiento insular frente a enfermedades, especialmente la filoxera, ha permitido mantener en cultivo variedades introducidas a la largo de la historia. Las características del medio natural canario, sus microclimas y el carácter tradicional del cultivo han mantenido variedades ancestrales. El rico patrimonio genético de variedades cultivadas, que sostiene 10 Denominaciones de Origen, necesita ser adecuadamente evaluado y conservado, para evitar la pérdida de variedades minoritarias. El Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA) está llevando a cabo estudios morfológicos, moleculares, agronómicos y de potencial enológico en las variedades canarias para evaluar este patrimonio y resolver la confusión que persiste en el reconocimiento de alguna de ellas. La Colección de Variedades de Vid del ICIA pretende evitar la pérdida de este patrimonio genético.

Breve reseña histórica

Han sido muchos los escritores, cronistas e historiadores que atestiguan que se tenía conocimiento de las Islas Canarias mucho antes de la época prehispanica, a partir del siglo XV. Sin embargo ninguno hace mención de la existencia del cultivo de la vid (*Vitis vinifera* L.) en las islas.

Sin pretender que este capítulo sea un tratado de Historia, puesto que el objetivo principal es versar sobre la viticultura en nuestras islas, sí es necesario conocer unas pinceladas sobre la conquista, que fue clave en la viticultura que hoy disfrutamos.

Jean de Bethencourt organizó en 1402 una expedición a Canarias y recaló en la isla de Lanzarote. Inició su viaje de vuelta, solicitando personal al rey Enrique III de Castilla para dominar Lanzarote, Fuerteventura y El Hierro, y posiblemente La Gomera. Se inicia a partir de aquí la conquista europea.

Se conoce igualmente que en 1494 desembarcaron en Tenerife las tropas españolas al mando de Alonso Fernández de Lugo, dándose, con esta hazaña, por terminada la conquista a mediados de 1496.

El proceso de conquista, además de ser dilatado en el tiempo, puesto que dura casi un siglo, es desigual entre islas, marcando este último aspecto la evolución histórica de cada una de ellas.

El modelo de conquista para las islas de Lanzarote, Fuerteventura, El Hierro y La Gomera, fue un modelo señorial, es decir, organizado como una empresa particular, dirigida por nobles europeos (entre ellos españoles) al servicio de la corona de Castilla. El reparto de tierras y pueblos conquistados se efectuó entre los señores de la conquista, quienes traspasaban a sus herederos todos sus bienes. Esta forma feudal de explotación económica y el control social y político de las islas mencionadas se mantendrá hasta bien entrado el siglo XIX.

Sin embargo, la conquista para las islas de Tenerife, La Palma y Gran Canaria fue promovida directamente por la corona de Castilla (conquista realenga). Intervinieron tres tipos de agentes: la propia corona, que organiza la conquista; los banqueros y comerciantes genoveses, que a cambio de privilegios sobre las islas conquistadas contribuyeron con su dinero a la financiación de la conquista; y los propios conquistadores, sobre quienes se efectuó el reparto de tierras.

El modelo de conquista: señorial o realenga, determina la explotación de las nuevas tierras. En las islas señoriales, el dueño no es quien explota sus propiedades, sino que es otro quien se encarga de la explotación y cuidados de las mismas, dando al señor parte de la producción del rendimiento de la tierra. Cabe pensar entonces que los cultivos que se plantaran en estas islas fueran de crecimiento más o menos rápido, con el fin de obtener rápidamente beneficios. Sin embargo, en las islas de realengo es el propio dueño quien trabaja el terruño, y por lo tanto, puede combinar cultivos de recolección rápida con cultivos con los que tenga que esperar tiempo hasta conseguir su primera cosecha. De ahí que el cultivo de la vid obtuvo más importancia en las islas de conquista realenga que en las señoriales.

La introducción del viñedo como cultivo en cada isla se realizó en distintos momentos, pero siempre muy próxima a la fecha de su conquista. En la isla de Tenerife, se vincula al conquistador portugués Fernando de Castro con la introducción de la vid en la zona de Los Realejos en 1497.

Hacia 1505 se plantan las primeras vides en La Palma, en la zona de Tazacorte.

En Gran Canaria se tiene constancia de un primer asentamiento hispano, pero no con carácter conquistador, sino evangelizador. Fueron unos frailes mallorquines los que plantaron la primera vid en tierras de Telde, por tratarse éste del primer centro evangelizador. Pero probablemente la intención de estos frailes no era la extensión del cultivo, sino la de tener unas cuantas plantas de vid para elaborar el vino de consagrar, y la variedad que trajeron fue la Fogoneu, autóctona de Mallorca. Se cree que en Gran Canaria el primer viñedo, como cultivo, se introduce en 1510 en la zona de Telde.

En El Hierro se sabe que el inglés John Hill lleva a la isla la primera planta de vid, en el año 1526. Aunque la introducción en la isla de Lanzarote fuera, al igual que en el resto de las islas, próxima en fecha a la conquista, por causa de las erupciones de Timanfaya en 1736 todo el viñedo quedó arrasado, por lo que la vid hubo de reintroducirse a partir de este año. En la isla de La Gomera no hay constancia escrita de los primeros momentos del cultivo de la vid. Debido al clima y al suelo predominante en la isla de Fuerteventura, no es apto el cultivo de la vid. Este aspecto también lo vieron los primeros pobladores, por lo que el cultivo del viñedo, es prácticamente testimonial.

La mayor parte de los nuevos pobladores eran españoles procedentes de Galicia, Castilla, Andalucía y Mallorca, cuya principal dedicación era la agricultura. También llegaron a las islas portugueses, genoveses, flamencos, venecianos, y de forma más marginal grupos de población morisca y negros africanos para su utilización como esclavos. Hay una fuerte presencia de pobladores del oeste peninsular (tanto España como Portugal) en las Islas Canarias. Este motivo evidencia que la mayor parte de las vides que se introdujeron en Canarias procedieran de la zona de origen de los pobladores que posteriormente iban a explotar las tierras.

Es de suponer que las personas que arribaron a las islas pretendían continuar con sus costumbres en cuanto al consumo de vino se refiere, al igual que lo hacían en sus regiones de origen. Hay constancia de ello en el documento de José María Medurell Marimon, “Los seguros marítimos con las islas de la Madera y Canarias”, en el que se dice que “en el año 1501 se hizo un documento con fecha 12 de noviembre, en Barcelona, sobre seguros marítimos para el transporte de vinos u otras mercancías desde Cádiz o Andalucía a las Islas Canarias”.

Los portugueses adquieren un papel muy importante en los primeros momentos del cultivo del viñedo en las islas. Pocos años antes de la conquista de las Islas Canarias, se finalizó la conquista de las también islas atlánticas Azores y Madeira (de manos portuguesas); por lo que el reparto de tierras de las nuevas posesiones lusas finalizó cuando estaba en marcha

la conquista de Canarias. Los pobladores portugueses (fundamentalmente del norte de Portugal continental) encontraron en algunas islas de Canarias una nueva tierra fértil, con características orográficas y climáticas muy parecidas a Madeira; con lo que poner en práctica su experiencia vitivinícola no les resultó difícil. Es lógico pensar que además de su experiencia, también introdujeron variedades cultivadas en Portugal continental y posteriormente llevadas igualmente a Azores y Madeira fundamentalmente.

Diferencias entre plantas que configuran un viñedo

Cuando una persona, sin conocimientos científicos en el mundo de la viticultura, se acerca a un viñedo puede observar diferencias en el conjunto de las plantas que lo conforman, haciéndole presuponer que no todos los cultivos de vid son iguales entre sí, dependiendo de muchas circunstancias.

La diferencia más significativa que cualquier profano en viticultura puede apreciar son los distintos colores que las bayas de los racimos pueden presentar, ya sean amarillas, rosadas, negras... (Fig. 1). Pero también aprecia que las hojas de una planta son más grandes o más enteras que las de otra (Fig. 2). Se hacen patentes también diferencias en cuanto al sistema de conducción (configuración de las vides en el viñedo), hay plantas dispuestas en vaso (Fig. 3), algunas que se extienden en longitud (Fig. 4), o en superficie por el suelo y otras perfectamente conducidas a lo largo de una espaldera (Fig. 5). Todas estas diferencias que cualquier persona no entendida puede apreciar, en el mundo de la investigación tienen un porqué y obedecen a distintas causas; causas que desde aquí se pretenden exponer.

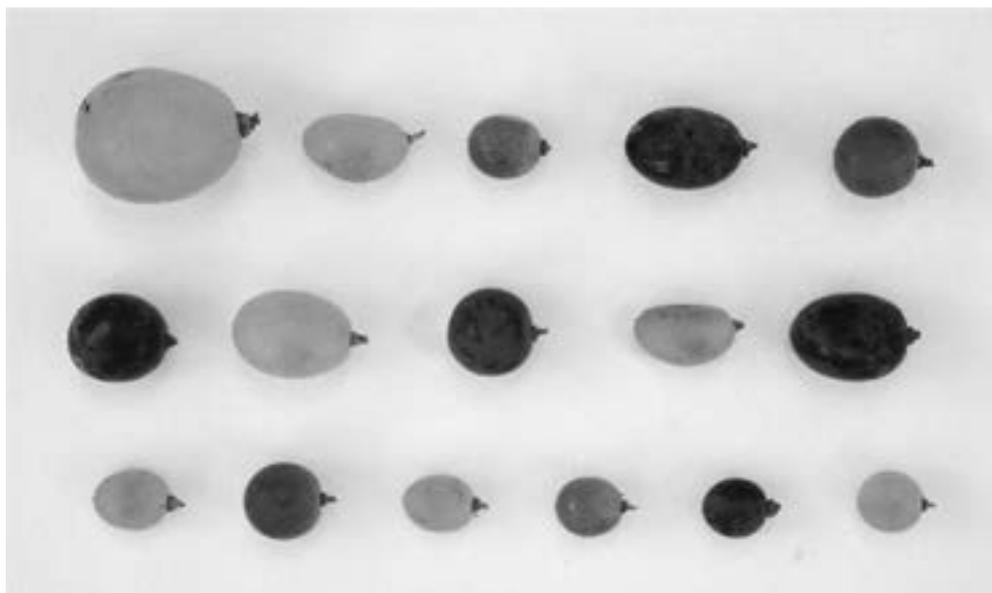


Fig. 1. Distintas formas, tamaños y colores que pueden presentar las bayas de vid.

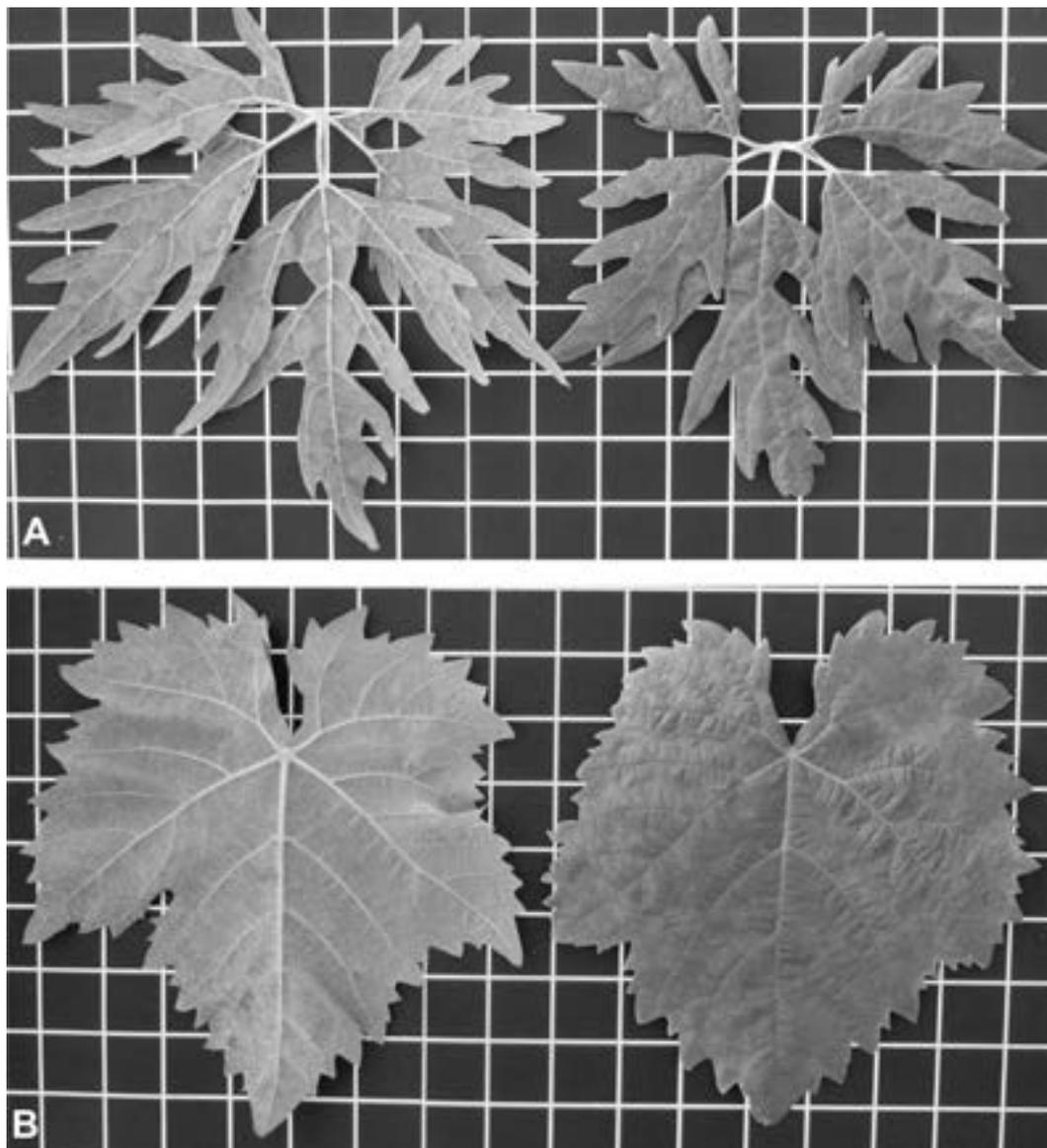


Fig. 2. Diferencias morfológicas entre distintas hojas de vid. A) En la variedad Cristal los lóbulos son muy marcados y profundizan con los nervios. B) En la variedad Sabro las hojas son casi enteras.

Las diferencias que desde el punto de vista de la caracterización e identificación más interesa son las diferencias observadas a nivel morfológico. Es decir, las distintas manifestaciones visuales que presentan las variedades en los distintos órganos que forman la planta. Así encontramos diferencias muy apreciables cuando observamos con atención varias hojas: hay hojas prácticamente enteras (Sabro), sin lóbulos, otras fuertemente lobuladas (Malvasía Aromática), y algunas cuyos lóbulos profundizan plenamente en los nervios (Cristal). Encontramos también hojas con diferencias considerables en cuanto al tamaño, o a la pilosidad de la misma.



Fig. 3. Planta de vid conducida en vaso. En su estado natural la vid es una liana trepadora cuyas ramas, los sarmientos, pueden alcanzar hasta 30 m de longitud. La poda reduce el número y longitud de los sarmientos para que la vid produzca menos racimos, pero de más tamaño y más calidad. La poda permite adaptar el tamaño y la forma de la planta al espacio donde se cultiva para facilitar las tareas del viticultor.

Pero quizá las diferencias más apreciables entre las distintas variedades las encontramos en el conjunto que nos ofrece el racimo con las bayas. En nuestras plantaciones podemos ver racimos largos (Fig. 6), generalmente sueltos, es decir, poco compactos, de unas uvas doradas, más bien pequeñas, algo ovaladas y con un peculiar sabor que no presentan otras variedades. Y es que la Malvasía Aromática es fácil de distinguir entre el resto de variedades que se cultivan en Canarias. Sin embargo, también vemos en nuestros terrenos plantas de racimos compactos, bastante grandes, de bayas prácticamente negras, esféricas, plantas que emiten muchos y atractivos racimos para el viticultor, como lo es el Listán Negro (Fig. 7). También podemos encontrarnos otras plantas con racimos más pequeños, compactos, apretados, sin alas, de unas bayas de color rosado, de tamaño mediano y con escaso sabor. Se trata de la mal llamada Malvasía Púrpura (Fig. 8), puesto que realmente no se trata de una Malvasía. Esta situación, es decir, atribuir un nombre a una variedad que haga presuponer que se trata de otra, debe ser corregida, porque puede llevar a generar confusión.



Fig. 4. Plantación dispuesta en cordón. Los sarmientos de la parra se trenzan en cordón constituyendo un tipo de conducción único en el mundo, con parras cuya longitud varía desde 3 hasta 15 m.



Fig. 5. Plantas dispuestas en espaldera. En los sistemas de cultivo en espalderas, los sarmientos, largos y altos apoyados en los alambres, permiten dejar calles bastante anchas, para posibilitar la mecanización del cultivo.



Fig. 6. Racimo de Malvasía Aromática. Los racimos de esta variedad son cilíndrico-alados, medianos, de compacidad media, bayas redondas, ligeramente elípticas, pequeñas, jugo incoloro y pulpa carnosas.



Fig. 7. Racimo de Listán Negro. Los racimos de esta variedad son de tamaño mediano, forma regular cónica, con bayas medianas, negras, esféricas, de jugo incoloro y pulpa carnososa.

Cuando no se conoce en profundidad las distintas morfologías que puede presentar una baya, quizá lo más común sea pensar que pueden ser grandes o pequeñas, y blancas o tintas. Sin embargo, si se examina con detenimiento, son muchos los caracteres que pueden marcar las diferencias

entre unas bayas y otras. Encontramos bayas pequeñas (Baboso Negro), bayas medianas (Negramoll) o bayas grandes (Moscatel de Alejandría).



Fig. 8. Racimo de Malvasía Púrpura. Los racimos de esta variedad son de tamaño pequeño-mediano y poco compactos, con las bayas medianas, redondas y de un color rojizo muy característico.

Hay uvas con distintas formas: esféricas como el Listán Negro, ovoide como la Negramoll, acuminada como el Verdello. Pero también encontramos diferencias entre los distintos colores que pueden presentarse en una baya: amarillo (Albillo Criollo), rosado (Malvasía Rosada), rojo (Breval Negro), rojo violeta oscuro (Vijariego Tinto) y azul negro (Listán Negro).

La gran mayoría de las diferencias morfológicas que se pueden observar en los distintos órganos de la planta de vid vienen marcados en su mapa genético, sin embargo hay que tener en cuenta que un gran componente de la morfología de la planta se debe al medio en que se encuentra, y en su fenotipo incide el clima, el suelo y los distintos sistemas de conducción.

No se puede manifestar de la misma manera una planta que está cultivada en un suelo muy pobre, cuyo desarrollo vegetativo será escaso, frente a la que se cultiva en un suelo rico y fértil, con hojas y racimos de mayor tamaño. Se sabe que en zonas frías, la pigmentación antocianica de los órganos se torna más intensa. Sin embargo, estas diferencias morfológicas se aprecian básicamente en el mayor desarrollo o color de los órganos, y no sobre los caracteres de forma o presencia de particularidades, que se mantiene sea cual sea la zona de cultivo de la planta. Canarias es un archipiélago de grandes contrastes, donde en cada isla se combinan numerosos mesoclimas. Las islas con relieve presentan una orografía y unas condiciones climáticas distintas a las islas con menos altura. En las islas de más altura se aprecian diferencias muy marcadas entre las vertientes norte y sur. Los vientos alisios son un gran condicionante en el clima canario. Todo esto configura una amalgama de mesoclimas que influyen claramente en la manifestación del cultivo del viñedo.

A esta riqueza paisajística, que brevemente se acaba de describir, se suma la enorme riqueza varietal que se encuentra presente en el cultivo del viñedo canario. Si consideramos ambos conceptos, se concluye en que es necesario el conocimiento de las variedades, con independencia de la zona donde se cultive, y del sistema de conducción empleado.

Algunos datos sobre la viticultura en Canarias

En el año 2010, según Estadística Agraria de Canarias, editada por la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente, la superficie total ocupada de viñedo en el archipiélago fue de 8786 ha (tanto en regadío como en seco). Por islas, la distribución fue la siguiente: Fuerteventura: 51 ha, de las cuales, 26 son de seco; Gran Canaria: 302 ha, de las cuales, 236 son de seco; La Gomera: 205 ha, de las cuales, 196 son de seco; La Palma: 1100 ha, de las cuales 1030 son de seco; El Hierro:

353 ha, de las cuales, 332 son de secano; Lanzarote: 2019 ha, de las cuales, 1835 son de secano; y Tenerife: 4756, de las cuales, 3290 son de secano.

Canarias cuenta con diez Denominaciones de Origen (DO) distribuidas por todas las islas a excepción de Fuerteventura, isla, en la que por sus condiciones edafoclimáticas (escasísimas precipitaciones, suelos sueltos, fuertes vientos y temperaturas cálidas durante todo el año) se hace muy difícil el cultivo de la vid, y éste se da de forma casi testimonial. El resto de las islas, cuenta con una DO, a excepción de Tenerife, que tiene 5. Son las siguientes: DO La Gomera, DO La Palma, DO Lanzarote, DO Gran Canaria, DO El Hierro, DO Tacoronte-Acentejo, DO Valle de Güímar, DO Valle de La Orotava, DO Abona y DO Ycoden-Daute-Isora. Además en el año 2011 se creó la denominación Vinos de Calidad de Islas Canarias.

En España, para que una variedad de vinificación se pueda comercializar, es decir, con ella se pueda elaborar vino y se pueda embotellar y vender, debe aparecer en el Registro de Variedades Comerciales de Vid, que regula el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Posteriormente, cada Comunidad Autónoma podrá elaborar vinos con las variedades que considere más interesantes para su región, siempre y cuando aparezcan en dicho Registro; es lo que se denomina Listado de Variedades Recomendadas y Autorizadas, particular para cada Comunidad Autónoma. Las variedades amparadas bajo una determinada Denominación de Origen deberán encontrarse en este Listado de Variedades Autorizadas y Recomendadas para la Comunidad Autónoma a la que pertenezca dicha Denominación.

Las variedades Recomendadas y Autorizadas que se pueden emplear en Canarias son las que aparecen en la tabla 1.

Sin embargo, de entre todas, cada Denominación de Origen elabora su propio listado con las variedades Preferentes y Autorizadas, con las que podrá elaborar exclusivamente sus vinos. Esta información se ve reflejada en la tabla 2. A esta tabla debería añadirse la mención ‘Vino de Calidad de las Islas Canarias’, que permitirá el cultivo de todas las variedades permitidas y autorizadas en la Comunidad Autónoma Canaria.

Los datos presentados en las tablas muestran que hay 30 variedades que se pueden cultivar en las Islas Canarias, y con las que se pueden comercializar vinos. Sin embargo, la realidad es bien distinta. Tan sólo unas pocas son las que más se cultivan, estando presentes el resto de forma marginal. Así, la suma de las superficies cultivadas de Listán Blanco, Listán Negro y Malvasía supone casi un 74%; mientras que en el extremo final de la cola, la suma de las 14 variedades menos cultivadas en Canarias, no llega al 1,5% (Torrontés, Malvasía Rosada, Burrablanca, Breval, Moscatel Negro, Forastera, Sabro, Pedro Ximénez, Bastardo Blanco, Verdello, Vijariego Negro, Gual, Syrah y Bastardo Negro). Esto implica que realmente se está aprovechando tan sólo una parte del potencial vitícola de

la región canaria, despreciando algunas variedades minoritarias que podrían ser interesantes, pero que debido a diversos motivos se está perdiendo su cultivo.

Tabla 1. Variedades de vid recomendadas y autorizadas en la Comunidad Autónoma de Canarias.

Recomendadas	Autorizadas
Albillo Criollo*	Bastardo/Baboso Blanco
Bermejuela, Marmajuela	Bastardo/Baboso Negro
Castellana Negra	Breval
Forastera Blanca, Doradilla	Burrablanca
Gual	Cabernet Sauvignon
Listán Negro, Almuñeco	Listán Blanco de Canarias
Malvasía Aromática	Listán Prieto
Malvasía Rosada	Merlot
Malvasía Volcánica	Moscatel Negro
Moscatel de Alejandría	Pedro Ximénez
Negramoll	Pinot Noir
Sabro	Pinot Noir
Tintilla	Ruby Cabernet
Verdello	Syrah
Vijariego, Diego	Tempranillo
Verijadiego	Torrontés
	Vijariego Negro

* **Albillo Criollo** es el nuevo nombre que debe adoptar la variedad denominada hasta hace poco como Albillo. En el último Reglamento publicado, aún no está permitido su cultivo. En el Registro de Variedades Comerciales de Vid no se admite un único nombre que sirva para designar a distintas variedades, como es el caso de la palabra Albillo. Otras Comunidades Autónomas en España ya han modificado su forma de denominar a sus Albillo, como sucede con el Albillo Mayor y Albillo Real, por lo que Canarias está realizando los trámites para la inclusión del nuevo nombre de Albillo Criollo en el Registro de Variedades Comerciales de Vid.

Son diversos los factores que han llevado al aumento de la superficie de cultivo de algunas variedades en detrimento de otras, que también son interesantes:

- a) Potenciación del cultivo de determinados vidueños amparados bajo Denominaciones de Origen (DO) frente a otros que no están incluidos.
- b) Competencia entre las variedades locales y las introducidas más recientemente con un supuesto valor agro-económico más alto.

Tabla 2. Variedades preferentes y autorizadas para cada Denominación de Origen (**AB:** Abona-Daute; **GC:** Gran Canaria; **LG:** La Gomera; **T-A:** Tacoronte-Acentejo; **V-G:** Valle de Gúimar; **V-O:** Valle de La Orotava; **YD-I:** Ycoden-Daute-Isora; **LZ:** Lanzarote; **EH:** El Hierro; **LP:** La Palma). **A:** Autorizadas; **P:** Preferentes.

VARIEDAD	AB	GC	LG	T-A	V-G	V-O	YD-I	LZ	EH	LP
Albillo*	P	P	P	P	P	P	P	P		P
Bastardo Blanco o Baboso Blanco	A	A		A		A	A		A	A
Bermejuela o Marmajuelo	P	P	P	P	P	P	P		P	P
Breval		A	A	A		A		A		
Burrablanca		A		A	A	A		A	A	A
Forastera Blanca, Doradilla	P	P	P	P	P	P	P			P
Gual	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Listán Blanco	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Malvasía **	P									
Moscatel de Alejandría	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Pedro Ximénez	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sabro	P	P	P	P	P	P	P			P
Torrontés	A	A	A	A	A	A	A	A		A
Verdello	P	P	P	P	P	P	P	P		P
Vijariego o Diego	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Bastardo, Baboso Negro	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cabemet Sauvignon	A		A	A	A	A		A		
Castellana Negra	P	P	P	P	P	P	P			P
Listán Negro o Almuñeco	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Listán Prieto	A	A	A	A	A	A				A
Malvasía Rosada	P	P	P	P	P	P	P	P		P
Merlot	A		A	A	A	A		A		
Moscatel Negro	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Negramoll o Mulata	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Pinot Noir	A		A	A	A	A		A		
Ruby Cabernet	A		A	A	A	A		A		
Syrah	A		A	A	A	A		A		
Tempranillo	A		A	A	A	A		A		
Tintilla	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
Vijariego Negro	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

Albillo*. Como los últimos reglamentos de las distintas Denominaciones de Origen son anteriores a los trámites de modificación del nombre del Albillo a Albillo Criollo exigido por el

Registro de Variedades Comerciales de Vid (RVCV), éstas aún siguen contemplando la denominación Albillo y su cultivo.

Malvasía.** Al término Malvasía le sucede algo parecido que al Albillo. El RVCV no admite un único nombre, Malvasía, para designar numerosas variedades, por lo que es necesario asociarles un “apellido” que diferencie a unas de otras. En Canarias, las dos Malvasías que pueden cultivarse son la Malvasía Aromática y la Malvasía Volcánica. Aquellas DO que no han modificado su reglamento por posterioridad al cambio de denominación de la Malvasía, en sus reglamentos consta únicamente la denominación Malvasía para asignar a ambas variedades. En las que están marcadas en “negrita” ya se contempla la separación entre la una y otra (Abona, Valle de Güímar, Valle de La Orotava y La Palma).

- c) Concesión de subvenciones al arranque y reconversión del viñedo.
- d) Programas de selección clonal, que se suelen realizar sobre aquellas variedades más extendidas.
- e) Catástrofes naturales, como la filoxera y otras plagas, que sustituyeron las variedades menos resistentes por otras.
- f) Implantación de viticultura moderna con el fin de rentabilizar el cultivo del viñedo (mecanización, fertilización, tratamientos...), lo que ha provocado la sustitución de variedades de difícil cultivo.
- g) Cambios demográficos que han hecho abandonar la vid, y por lo tanto se han perdido determinadas variedades de escaso cultivo.
- h) Sustitución de aquellas variedades con características agronómicas menos beneficiosas para el agricultor, como pueden ser un menor número de racimos, racimos con poco peso, menor resistencia a enfermedades, etc.

Todos estos aspectos han provocado una erosión genética en el mundo de la viticultura.

El empleo más extendido de determinadas variedades frente a otras, lleva a que de forma general, el viticultor sea capaz de identificar mejor las variedades más cultivadas, mientras que le resulte más difícil reconocer aquéllas cuyo cultivo es escaso, lo que ocasiona en algunos casos el empleo erróneo de unos nombres por otros.

Variedades como Castellana Negra, Diego, Listán Negro, Listán Blanco, Marmajuelo, Moscatel de Alejandría, Negramoll, Verdello y Vijariego Negro son variedades, que por sus características morfológicas o por su volumen de cultivo, resultan fácilmente identificables por aquellas personas que trabajan con ellas. Sin embargo, hay otras variedades como Bastardo Negro/Baboso Blanco, Bastardo Negro/Baboso Negro Breval, Burrablanca, Merlot, Moscatel Negro, Pedro Ximénez, Pinot Noir, Ruby Cabernet, Syrah, Tempranillo, Tintilla y Turrentés, que por su similitud con otras o su escasa superficie de cultivo, pueden provocar más confusión a la hora de su correcta identificación.

Sabedores del elevado número de variedades y de la confusión en el conocimiento de las que hay en nuestras islas, el Instituto Canario de Investigaciones Agrarias (ICIA) ha tomado conciencia de esta problemática y se ha propuesto estudiar las variedades que se encuentran en la Colección de Variedades de Vid del ICIA. Se pretende realizar la caracterización morfológica y agronómica de las variedades de la Colección, así como la prospección de nuevas variedades que permitan completar la Colección, y de esta forma contar con un referente para Canarias, en base a la cual se puedan realizar trabajos de investigación posteriores.

Una vez resuelto este problema, las variedades quedarán completamente identificadas y se podrán establecer las correspondientes sinonimias entre los distintos nombres locales que se utilizan para denominar a una misma variedad, y también con aquellas otras variedades peninsulares o del resto del mundo.

La Colección de Variedades de Vid del ICIA

El ICIA cuenta con una amplia colección de las variedades que se cultivan en Canarias. Está formada por dos plantaciones, una en Valle de Guerra (San Cristóbal de La Laguna, Tenerife), localizada a una latitud 28° 30' 45" N, longitud 16° 23' 15" W y 245 m de altitud; y la otra en Güímar (Tenerife).

La plantación de Valle de Guerra está formada por 128 entradas (que no tienen por qué ser distintas entre sí), procedentes de material prospectado por todas las islas desde los años 80. Las cepas tienen alrededor de 20 años de antigüedad, cuentan con un sistema de riego localizado y la conducción es en doble cordón royat. La distancia entre plantas es de 1,9 m (Fig. 9). La de Güímar es una pequeña colección de 14 entradas de baya blanca. Las plantas están dispuestas en parral bajo, con una separación de 2,5 m entre plantas, y no dispone de riego localizado.

Aunque se partía de una cantidad importante de entradas plantadas en las colecciones, también se decidió recoger nuevo material, realizando prospecciones por todas las islas. Este trabajo no está terminado, ya que aún faltan por prospectar las islas de La Gomera y Fuerteventura. El material susceptible de ser interesante es aquél que cuenta con más de 40 años de antigüedad y *de visu* presenta una morfología aparentemente distinta a la de cualquier otra variedad (Fig. 10).

Solamente se han tenido en cuenta aquellas variedades que morfológicamente no resultaban totalmente idénticas a las ya conocidas. De ellas se tomaron muestras de hoja joven para ser analizadas molecularmente. Si resultaban distintas a nivel molecular del material con el que se comparaban o, aún siendo iguales, presentaban características morfológicas claramente

diferentes, en invierno se cogía madera (fragmento de tallo con yemas) para estaquillar en macetas en un umbráculo en el ICIA (Fig. 11).



Fig. 9. Colección de Variedades de Vid del ICIA en Valle de Guerra, reúne a 128 entradas de vid de unos de 20 años de antigüedad procedentes de todas las islas.

Caracterización e identificación de variedades

El primer paso para realizar la identificación de variedades es su caracterización morfológica, que consiste en el examen visual de determinados caracteres morfológicos, asignándole a éstos el nivel de expresión que le corresponda. Se efectúa sobre los distintos órganos de la vid y en el momento adecuado de observación y desarrollo del órgano a describir. Se realiza en sumidad (brote joven), en hoja joven, hoja adulta, zarcillo, pámpano, racimo, baya y sarmiento.

Se trabaja con 48 códigos OIV (Oficina Internacional de la Vid y el Vino) y UPOV (Oficina para la Producción de Obtenciones Vegetales). Cada código o carácter (por ejemplo “Forma del seno peciolar”) tiene distintos niveles de expresión (1: en “U”, 2: en “V”, y 3: en lira). La no concordancia entre los niveles de expresión observados para cada una de las

entradas, marca la diferencia entre unas variedades y otras (ver por ejemplo las formas de la baya en la fig. 1).



Fig. 10. Prospecciones en la isla de La Palma. En el examen visual de los cultivos de vid se reconocen las características morfológicas de los distintos órganos (sumidad, hoja joven, hoja adulta, zarcillo, pámpano, racimo, baya o sarmiento) que permiten establecer diferencias entre distintas variedades.

Para la caracterización molecular se trabaja con el empleo de los siguientes microsatélites: ZAG67, MD27, MD5, ZAG29, ZAG62, ZAG112, S2, ZAG83 y MD28. Cada microsatélite presenta dos alelos, formados por un determinado número de pares de bases. Las diferencias existentes entre el número de pares de bases mostrado en cada microsatélite marcan la existencia de una u otra variedad.

En resumen, se ha partido de 142 plantas existentes en colección, a este número se han añadido las 95 que se han recogido en las prospecciones por la islas (a excepción de La Gomera y Fuerteventura). Sobre todas estas entradas se ha realizado la caracterización molecular (en algunos casos se han tomado más de una muestra por entrada), y sobre las que estaban en colección se ha realizado también su caracterización morfológica.

El objetivo último de completar la Colección de Variedades de Vid del ICIA no pretende solamente acumular el mayor número de variedades posibles, sino además tiene como fin recuperar todos aquellos cultivares

que están presentes en nuestras islas de forma casi marginal, y que corren serio peligro de perderse. De esta forma, una vez plantadas en una colección, se procederá a su identificación, a su caracterización agronómica, al estudio de su potencial agronómico, así como a cuantos estudios pertinentes se puedan realizar sobre ellas para poder profundizar en su conocimiento.



Fig. 11. Umbráculo del ICIA. En estas grandes macetas se introducen las estacas de las variedades morfológica o genéticamente diferentes para que arraiguen y formen nuevas entradas para la Colección de Variedades de Vid del ICIA.

Como resultado de todos estos estudios de caracterización morfológica y molecular se han identificado un total de 50 variedades distintas, entre ellas 36 minoritarias, es decir, variedades cuyo cultivo es muy escaso, entre las cuales un elevado número de ellas se encuentran únicamente en Canarias.

Establecimiento de sinonimias

Una vez caracterizadas e identificadas todas las variedades, se procede a su comparación con otras variedades del resto de España, y en algunos casos de fuera de ella. Para ello se ha trabajado con la Colección de Variedades de Vid en España que contiene el mayor número de entradas de

variedades de vinificación, de mesa y de portainjertos, tanto españolas como extranjeras.

Es importante el establecimiento de sinonimias, puesto que se sabe que en la época prehistórica no se conocía el cultivo de la vid. Fueron entonces, los nuevos pobladores de las Islas Canarias quienes introdujeron su cultivo, muy probablemente desde sus zonas de origen.

Después de realizar esta comparación entre las variedades que existen en Canarias, con las del resto de España, principalmente, se confirma que la mayor parte de los cultivares introducidos proceden del oeste peninsular (tanto España como Portugal). Esta situación es lógica, puesto que fueron muchos los pobladores que llegaron de esta zona peninsular.

Se observa también una coincidencia importante con variedades cultivadas en el archipiélago portugués de Madeira. Se confirma, por lo tanto que con los distintos flujos comerciales y poblacionales con Canarias, se introdujeron también variedades de vid.

Aunque también se han encontrado numerosas variedades únicas, que no presentan sinonimias en la Península. La existencia de estas variedades exclusivas puede ser debido a dos motivos. El primero, es que estas variedades surgieron en cruces espontáneos originados en Canarias y que han perdurado en el tiempo. El segundo, es que puede tratarse de variedades originarias del continente, pero que se perdieron allí y tan sólo sobrevivieron en Canarias. Esto puede ser una consecuencia del efecto devastador de la filoxera. A finales del siglo XIX la filoxera comenzó a arrasar los viñedos de Europa (incluyendo la Península Ibérica), por lo que muchas de las variedades allí cultivadas se perdieron. Las variedades que previamente fueron llevadas hasta Canarias pudieron sobrevivir puesto que la filoxera no ha llegado a las Islas. Por ello es muy probable que algunas de las antiguas variedades introducidas con anterioridad al siglo XIX tan sólo se conserven en Canarias, habiéndose perdido en sus zonas originarias.

Las sinonimias que se han encontrado en las variedades admitidas en las Denominaciones de Origen canarias, tanto con variedades de España como de otros países, se presentan en la tabla 3.

Algunos resultados ponen de relieve la gran confusión que existe por parte de los viticultores para el reconocimiento de determinadas variedades. Los datos de la tabla 4, basados en algunas de las variedades analizadas y procedentes de las prospecciones por distintas islas, permite contrastar el nombre utilizado por los agricultores, por el verdadero nombre de la variedad de acuerdo con la caracterización molecular.

Estos datos indican, por un lado, el elevado número de homonimias (es decir, el uso de un mismo nombre para indicar dos cosas distintas) que se emplean para nombrar a las variedades. Sirva de ejemplo el nombre de Forastera, que además de emplearse correctamente, se utiliza en algunas

zonas para designar a la variedad Chasselas (en Lanzarote) o a otra variedad desconocida (en Fuerteventura), completamente distinta a ambas.

Tabla 3. Sinonimias detectadas entre las variedades admitidas en las Denominaciones de Origen de Canarias y variedades peninsulares o de otros países (entre paréntesis).

Variedad en Canarias	Sinonimias fuera de Canarias
Albillo Criollo	
Baboso Blanco / Bastardo Blanco	
Bermejuela	
Breval	
Burrablanca	Airén
Diego	Vijiriega Común
Forastera Blanca	
Gual	Boal Cachudo, Tarantey de Nerga, Malvasía Fina (Portugal), Boal (Madeira, Portugal)
Listán Blanco	Palomino Fino
Malvasía Aromática	Malvasía Cándida (Portugal), de Sitges, de Banyalbufar, de Lipari (Italia), Dubrovabcka (Croacia).
Malvasía Volcánica	
Moscatel	Moscatel de Alejandría
Pedro Ximénez	
Sabro	
Torrentés	
Verdello	Verdello do Pico (Azores, Portugal)
Baboso Negro	Albarín Negro, Bruñal, Caiño Gordo, Alfrocheiro Preto (Portugal)
Bastardo Negro	Mollar, Puesto Mayor, Verdejo Negro
Cabernet S.	
Castellana Negra	Tinto Cão (Portugal)
Listán Negro	
Listán Prieto	Mission (América)
Malvasía Rosada	
Merlot	
Moscatel Negro	Moscatel de Hamburgo
Negramoll	Mollar Cano
Pinot Noir	
Ruby Cabernet	
Syrah	
Tempranillo	
Tintilla	María Ordoña, Maturana Tinta, Roibal, Verdejo Tinto, Merenzao
Vijariego Negro	Sumoll

Tabla 4. Nombre original que los agricultores utilizan en su zona de cultivo y nombre correcto de la variedad de acuerdo con la caracterización molecular.

Nombre original	Variedad
Tabernet (Taganana, Tenerife)	Ruby Cabernet
Torrontel (Taganana, Tenerife)	Desconocida
Listán B. de uva pequeña (Tacoronte, Tenerife)	Malvasía Aromática
Pedro Ximénez (Tacoronte, Tenerife)	Desconocida
Albillo (Stgo. del Teide, Tenerife)	Desconocida
Pedro Ximénez (Stgo. del Teide, Tenerife)	Desconocida
Torrontés (El Hierro)	Airén
Blanca (El Hierro)	Desconocida
Verdello (El Hierro)	Desconocida
Burrablanca (Lanzarote)	Airén
Forastera (Lanzarote)	Chasselas
Fresia (Aguagarcía, Tenerife)	Listán Negro
Verdello (Aguagarcía, Tenerife)	Desconocida
Malvasía (Garachico, Tenerife)	Desconocida
Málaga-Malvasía (Güímar, Tenerife)	Listán Blanco
Listán España (Caldera de Taburiente, La Palma)	Sabro
Negra (Hoyo de Mazo, La Palma)	Desconocida
Albillo (Gran Canaria)	Vitoriera
Vijariego (Gran Canaria)	Desconocida
Forastera (Fuerteventura)	Desconocida
Uva Negra (La Palma)	Tintilla
Gatito (La Palma)	Tintilla
Malvasía Púrpura (Tenerife)	Desconocida

Sin embargo las variedades que más confusión generan son el trío formado por Baboso Negro, Bastardo Negro y Tintilla.

En el Registro de Variedades Comerciales de Vid de España la denominación Bastardo Negro / Baboso Negro aparece como una única variedad, cuando se sabe que realmente se trata de dos cultivares distintos, pero con una morfología muy similar. Igualmente, bajo el nombre de Tintilla se conoce a una variedad de racimos pequeños, con bayas pequeñas. Aunque no todos, pero un gran número de viticultores utiliza indistintamente cualquiera de los tres términos (Baboso Negro, Bastardo Negro o Tintilla), para designar a cualquiera de las tres variedades. Es decir, bajo el nombre de Baboso pueden referirse a cualquiera de las tres variedades, lo mismo que bajo el nombre de Bastardo, y especialmente bajo la denominación Tintilla.

En la tabla 5 se presenta una relación de las variedades que algunos viticultores denominaban como Baboso Negro, Bastardo Negro o Tintilla.

Tabla 5. Nombre original que los agricultores utilizan en su zona de cultivo y nombre de la variedad a la que realmente corresponde.

Nombre original	Variedad
Tintilla (La Matanza, Tenerife)	Castellana
Tintilla (La Matanza, Tenerife)	Bastardo Negro
Tintilla Blanca (La Matanza, Tenerife)	Marmajuelo
Tintilla (La Matanza, Tenerife)	Tintilla
Tintilla (Stgo. del Teide, Tenerife)	Bastardo Negro
Tintilla Castellana (Stgo. del Teide, Tenerife)	Castellana
Tintilla (La Palma)	Bastardo Negro
Tintilla (Hoyo de Mazo, La Palma)	Gran Negro
Tintilla (Hoyo de Mazo, La Palma)	Bastardo Negro
Tintilla (Breña Alta, La Palma)	Bastardo Negro
Tintilla de hoja rajada (Breña Alta, La Palma)	Ruby Cabernet
Tinta (Güímar, Tenerife)	Bastardo Negro
Tintilla (El Hierro)	Bastardo Negro
Malvasía Negra (El Hierro)	Bastardo Negro
Babosillo (El Hierro)	Tintilla
Babosillo (El Hierro)	Bastardo Negro
Tintilla (El Hierro)	Portainjerto
Bastardo (Gran Canaria)	Tintilla

Toda esta información que se ha obtenido y se seguirá obteniendo, llevará al mejor conocimiento de las variedades cultivadas, garantizando así el rico patrimonio vitícola que tenemos en Canarias, tanto desde el punto de vista de la conservación genética, como de su aportación a la tipicidad de los vinos de las islas. Todo esto, conscientes de que, entre todos, debemos darle un nuevo impulso a la viticultura canaria que la haga competente frente a otros mercados, tanto peninsulares, como europeos y del resto del mundo.

Bibliografía

- CABELLO SÁENZ DE SANTAMARÍA, F., J.M. ORTIZ MARCIDE, G. MUÑOZ ORGANERO, I. RODRÍGUEZ TORRES, A. BENITO BARBA, C. RUBIO DE MIGUEL, S. GARCÍA MUÑOZ & R. SÁIZ SÁIZ (2012). *Variedades de Vid en España*. Ed. Agrícola Española, Madrid, 504 pp.
- CRESPAN, M., F. CABELLO, S. GIANNETTO, J. IBÁÑEZ, J. KAROGLAN KONTIK, E. MALETIC, I. PEJIC, I. RODRÍGUEZ-TORRES & D. ANTONACCI (2006). Malvasia delle Lipari, Malvasia di Sardegna, Greco di Gerace, Malvasía de Sitges and Malvasia Dubrovacka – synonyms of an old and famous grape cultivar. *Vitis* 45: 69-73.

- GUTIÉRREZ-REYES J. & I. RODRÍGUEZ-TORRES (2010). Listán Negro y Forastero Negro en Tenerife, ¿variedades o clones? *ACE Revista de Enología*.
 [http://www.acenologia.com/cienciaytecnologia/listan_forastero_cien0110.htm]
- RODRÍGUEZ-TORRES, I. (2010). Metodología para la recuperación de variedades minoritarias. *Agropalca* 10: 22.
- RODRÍGUEZ-TORRES I., C. GONZÁLEZ-GUILLÉN, F. CABELLO, J. BORREGO, G. MUÑOZ, M.T. DE ANDRÉS, J. ZEROLO & J. IBÁÑEZ (2006). Comparison between Malvasias from Madeira and Spain. *Rivista italiana di Viticoltura e di Enologia* 59: 57-62.
- RODRÍGUEZ-TORRES, I., J. IBÁÑEZ, M.T. DE ANDRÉS, C. RUBIO, J. BORREGO, F. CABELLO, J. ZEROLO & G. MUÑOZ-ORGANERO (2009). Synonyms and homonyms of ‘Malvasía’ cultivars (*Vitis vinifera* L.) existing in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research* 7: 563-571.
- RODRÍGUEZ-TORRES, I., I. PADRÓN, F. GONZÁLEZ & M. POMAR (2012). Caracterización agronómica y enológica de variedades tintas de cultivo tradicional en Canarias. *La Semana Vitivinícola*: 3371: 326-332.
- ZEROLO J., F. CABELLO, A. ESPINO, J. BORREGO, J. IBÁÑEZ, I. RODRÍGUEZ-TORRES, G. MUÑOZ-ORGANERO, C. RUBIO & M. HERNÁNDEZ (2006). *Variedades de Vid de Cultivo Tradicional en Canarias*. Ed. Instituto Canario de Calidad Agroalimentaria, Santa Cruz de Tenerife.

3. Control de plagas agrícolas: una historia de ida y vuelta

Raimundo Cabrera

*Departamento de Biología Vegetal (Fitopatología),
Universidad de La Laguna*

La agricultura siempre ha estado condicionada por los factores climatológicos y por los organismos que viven a expensas de las plantas cultivadas, causando pérdidas más o menos importantes en la producción. El control de estos organismos nocivos se ha llevado a efecto mediante distintas estrategias de control. El éxito inicial del control biológico a finales del siglo XIX en California (EEUU) fue un avance importante en el campo del control de plagas, pero el descubrimiento de las propiedades insecticidas del DDT y todo el desarrollo posterior de los insecticidas químicos de síntesis, hizo que el control biológico quedara relegado. Los problemas medioambientales, de resistencia de los insectos y de salud humana, ocasionados por estos productos químicos, nos han hecho replantear nuestra visión del cultivo agrícola y de los métodos de control de plagas.

En esta visión del campo de cultivo como un agroecosistema, el control biológico juega un papel importante, junto con otros métodos respetuosos con el medio ambiente. En esta vuelta a sistemas naturales de control hacemos uso de muchos de los conocimientos adquiridos en este camino de ida y vuelta. Pero en este agroecosistema, cualquier método que usemos para el control de plagas acabará fallando si no aplicamos la más elemental y eficaz medida de control: la prevención. Es necesario un estricto servicio de inspección en fronteras para evitar la entrada de plagas (y enfermedades) que afecten a nuestros cultivos.

Introducción

La introducción de la agricultura en la historia de la humanidad, en el neolítico, hace unos 10000 – 11000 años, contribuyó a que la población nómada se fuera asentado y transformando en agricultores y ganaderos, permitiendo el establecimiento de poblaciones en lugares donde las condiciones climáticas facilitaban esa incipiente agricultura. La alimentación se basaba en una gran diversidad de vegetales, aunque a lo largo del tiempo algunas especies vegetales (trigo, cebada, millo, arroz) fueron adquiriendo cierta predominancia, hasta convertirse en parte fundamental de la dieta de estas poblaciones.

Al aumentar el tamaño de esos asentamientos la demanda de alimentos se incrementó, se hizo necesaria una mayor producción agrícola, por lo que el cultivo de algunas especies fue intensificándose progresivamente. Esta tendencia ha seguido hasta nuestros días, en los cuales el número de especies cultivadas mayoritariamente se ha reducido considerablemente, con la consiguiente pérdida de biodiversidad agrícola. A finales del siglo XX se estimó que más del 90% de las variedades cultivadas un siglo atrás ya no se producían comercialmente, y no se encontraban en los bancos de semillas o era muy difícil conseguirlas (se estima que ya se ha perdido el 90% de las variedades de lechugas y guisantes) y las más consumidas se explotan normalmente en sistema de monocultivos que ocupan grandes extensiones de terreno. Junto con todo esto surgió la cuestión de los híbridos, con los que se pretendía alcanzar una mayor productividad, pero a expensas de una mayor pérdida de las variedades locales. En 1960, el 95% del maíz cultivado en Estados Unidos procedía de variedades híbridas.

La agricultura siempre ha estado condicionada por factores abióticos y bióticos. Los agricultores seleccionaban variedades adaptadas a las condiciones locales, con lo que se aseguraban una producción más o menos suficiente (aunque con cierta frecuencia las inclemencias del tiempo daban al traste con las cosechas). Además de la dependencia de las condiciones climatológicas, desde el inicio de la agricultura un problema recurrente ha sido la incidencia de enfermedades y plagas que mermaban la producción de las cosechas. En el caso de las plagas, el organismo perjudicial parecía que estaba claro (al menos en la mayoría de los casos se podían observar los insectos y roedores comiendo las plantas o los granos almacenados), pero en el caso de las enfermedades tuvieron que pasar muchos milenios hasta que se pudo asociar las enfermedades a los organismos patógenos causantes de las mismas. Tuvimos que esperar hasta hace poco más de 200 años cuando M. Tillet en 1755, y luego Prevost en 1805, confirmaron la relación directa entre un hongo, *Tilletia caries* (DC.) Tul., y la enfermedad conocida como “caries del trigo”.

En el caso de las plagas (tanto las causadas por insectos como por otros animales), puesto que la causa parecía evidente, los agricultores trataron de defender sus cultivos frente a ellos. Una manera fue la de ir seleccionando variedades que tuvieran cierta resistencia, o que su ciclo permitiera la recolección en momentos donde la incidencia de las plagas no fuera desastrosa. Pero las condiciones climáticas hacían que estas medidas, que resultaban eficaces unos años, fueran totalmente inútiles en otros, por lo que no había garantía alguna de asegurar un continuo y suficiente suministro de productos agrícolas.

Uno de los primeros registros escritos que conocemos sobre el uso de ‘insecticidas’ para el control de plagas es la quema de ‘azufre’. Posteriormente se usaron plantas molidas que la experiencia cotidiana mostraba que ayudaban a controlar los daños causados por plagas. Cuando se desarrolló la química, se pudo saber que dichos preparados eran ricos en piretroides, rotenoides y nicotinoides (todavía hoy se siguen obteniendo en gran parte a partir de vegetales).

Después de la segunda guerra mundial se desarrolló una gran variedad de compuestos químicos de síntesis que se han venido usando como agentes de control de plagas. Sin embargo, el masivo uso que se ha hecho de ellos ha originado graves problemas ambientales y de salud humana, al mismo tiempo que los insectos han desarrollado resistencia a muchos de ellos, por lo que han perdido gran parte de su eficacia. Estos argumentos, entre otros, han llevado por ejemplo, a la Unión Europea, a prohibir el uso de gran parte de los que hasta hace pocos años se encontraban en el mercado y a regular estrictamente el uso de los que aún están autorizados.

A pesar de esa gran variedad y al masivo uso de insecticidas químicos, los insectos que atacan a los cultivos siguen causando graves daños, que pueden ir desde la pérdida total de las cosechas hasta una reducción importante de la producción. Es una tarea prioritaria buscar nuevas alternativas para controlar a las plagas y asegurar que la producción agrícola no se vea mermada por estos enemigos tan perjudiciales.

Definición de plaga agrícola

La definición de plaga agrícola ha ido evolucionando con el tiempo, de forma paralela al desarrollo de las ciencias agrarias y a la incorporación a la misma de conceptos provenientes de otros campos, especialmente de la esfera de la biología.

El concepto clásico de plaga agrícola entendía como tal a toda especie que tenía una relación alimenticia con las plantas o productos vegetales que el hombre quería producir. Esta idea llevaba inevitablemente a una diferenciación entre ‘especies buenas’ y ‘especies malas’, y particularmente

con los insectos, llevaba a considerar a unos como ‘buenos’ y a otros como ‘malos’. Se obviaba la cuestión de que una especie pudiera ser beneficiosa en un sitio y perjudicial en otro. Además, se consideraba como plaga a cualquier insecto que estaba asociado al cultivo, aunque su incidencia fuera mínima, como podría ser el caso de muchos insectos endémicos que se aprovechaban de las plantas cultivadas, independientemente del nivel de daño que causarían.

A medida que se produjo el desarrollo de las ciencias biológicas, especialmente la ecología, este concepto simplista ha ido cambiando y se ha introducido en la definición el concepto de ‘población’ y de ‘condiciones ambientales’. Así, una plaga agrícola es una ‘población’ de insectos que cuando se dan las ‘condiciones agroecológicas’ favorables para ella, alcanza una densidad tal que provoca un riesgo de pérdidas de la producción, no tolerable por el agricultor. En esta nueva concepción de lo que es una plaga agrícola, ninguna especie es mala *per se*; son las condiciones ambientales las que pueden hacer que una especie de insectos acabe convirtiéndose en una plaga. Sea cual sea la definición de plaga que consideremos, en todas ellas hay implícita una consideración de tipo económico, establecida por el agricultor.

Pero no todas las plagas son iguales. En la bibliografía especializada nos podemos encontrar con distintas formas de clasificarlas. En unos casos se hace referencia al rango taxonómico o al grupo de insectos (pulgones, plagas de termitas, etc.), en otros se clasifican de acuerdo con el cultivo que atacan (plagas del manguero, de las papas, etc.), en función de los órganos atacados (plagas de raíces, de hojas, etc.) o de los tipos de daños característicos que puedan causar (minadores de hojas, barrenadores de la madera, taladros, etc.). Son formas de organizar la información y el conocimiento que tenemos sobre este problema. El uso de una forma u otra depende normalmente del fin que queremos dar a esa información y a quien va dirigida. Otras veces se clasifican según su frecuencia de ataques o su capacidad de provocar daños. Es una forma práctica de clasificar a las plagas atendiendo al posible riesgo que suponen para los cultivos.

a) Plagas potenciales: Son aquellas poblaciones de insectos u otros fitófagos que bajo las condiciones existentes en el campo no afectan la cantidad ni la calidad de las cosechas. Las bajas densidades de las poblaciones se deben a la regulación ejercida por factores físicos y biológicos. Si cambian estas condiciones de control natural (factores climáticos, variaciones en las prácticas culturales, deficiencia temporal en la represión por enemigos naturales, etc.) las plagas potenciales pueden transformarse en plagas muy dañinas.

b) Plagas migrantes: Son de especies de insectos no residentes en los campos cultivados pero que pueden penetrar en ellos periódicamente como

consecuencia de sus hábitos migratorios; es el caso de las langostas migratorias.

c) Plagas claves: En forma persistente, año tras año, estos insectos se presentan en poblaciones altas, ocasionando importantes pérdidas económicas. Suele tratarse de muy pocas especies, con frecuencia solo una o dos por cultivo, que en las condiciones normales del cultivo carecen de factores de regulación natural eficientes. Por lo general se trata de plagas introducidas. En raras ocasiones son especies nativas que se han adaptado favorablemente a cultivos introducidos o a las nuevas variedades de plantas, que resultan así particularmente susceptibles.

d) Plagas cuarentenarias: Según la definición legal (según FAO 1990, revisado FAO, 1995; CIPF, 1997 aclaración, 2005) plaga de cuarentena es: ‘Aquella que puede tener importancia económica potencial para el área en peligro aún cuando la plaga no existe o, si existe, no está extendida y se encuentra bajo control oficial’. Se trata de plagas que, pudiendo ser incluidas en cualquiera de las clasificaciones anteriores, además tienen la característica de que son especies que no se encuentran en determinados países o áreas, por lo que las declaran de cuarentena. La presencia de estas especies en una zona hacen que determinados productos agrícolas no puedan ser exportados a zonas libres de esa plaga (sin embargo si podrían serlo a zonas donde esté ya instalada). Cada país tiene un listado de plagas de cuarentena que no están presentes en su territorio, y por lo tanto, regula estrictamente la importación de productos vegetales que pudieran venir infestados con alguno de estos insectos.

Una especie de insecto en concreto puede ser considerada como plaga potencial en un sitio mientras que en otro puede convertirse en una plaga clave para un cultivo dependiendo de la capacidad de esa población de causar un daño. En general, los insectos causan daños directos, por destrucción de los órganos y tejidos vegetales durante su actividad alimenticia o de puesta, o indirectos, al actuar como vectores de patógenos o propiciar las condiciones favorables para que se instalen otros organismos perjudiciales. Este es el caso de muchos insectos picadores, que son más graves por las enfermedades que transmiten que por los daños directos que causan. Algunos insectos producen melaza que sirve de sustrato para el crecimiento de hongos del tipo de ‘la negrilla o fumaginas’ sobre las hojas y frutos. El impedimento a la exportación cuando tenemos plagas consideradas de cuarentena, podríamos considerarlo igualmente un daño indirecto, aunque normalmente este tipo de plagas causa también daños directos, a veces muy graves (como ocurre con la mosca de la fruta o la polilla guatemalteca de la papa).

Un aspecto interesante es lo que podríamos considerar como ‘daños cosméticos’ y que están en ocasiones más relacionados con los hábitos del consumidor que con la gravedad de los daños que causa el insecto mismo.

Es frecuente que el consumidor no compre frutos o vegetales que presenten pequeñas mordidas o daños, a veces superficiales y que no afectan a la parte del fruto que se consume. Esta actitud obliga a los productores a realizar tratamientos para evitar esas pequeñas lesiones.

Si bien a nivel local las pérdidas por las plagas agrícolas pueden llegar a porcentajes muy altos, dependiendo de circunstancias locales, las estimaciones más frecuentes sitúan esas pérdidas cerca del 13% de la producción mundial. Porcentaje que se ha mantenido más o menos constante en las últimas décadas (Tabla 1). Si sumamos las pérdidas causadas por otros organismos perjudiciales (patógenos y malas hierbas) las pérdidas globales totales de la agricultura se elevan a porcentajes, que dependiendo de los autores, oscilan entre el 30% y el 40% de la producción total.

Tabla 1. Comparación de las pérdidas anuales estimadas en Agricultura (en \$ USA) (según Pimentel, 1985). N.D.: sin datos.

PERÍODO	Insectos	Patógenos	Malas hierbas	% Total	TOTAL (\$ USA)
1904	9,8	N.D	N.D	N.D	4.000 x 10 ⁶
1910-1935	10,5	N.D	N.D	N.D	6.000 x 10 ⁶
1942-1951	7,1	10,5	13,8	31,4	27.000 x 10 ⁶
1951-1960	12,9	12,2	8,5	33,6	30.000 x 10 ⁶
1974	13,0	12,0	8,0	33,0	77.000 x 10 ⁶
1980	13,0	12,0	12,0	37,0	78.000 x 10 ⁶

La necesidad de establecer medidas de control obliga al agricultor a desembolsos económicos elevados para tratar de reducir lo más posible los daños causados por las plagas.

¿Por qué hay tantas plagas agrícolas?

Es una pregunta que puede tener respuestas múltiples, dependiendo del aspecto bajo el que se considere la relación insecto-planta. En realidad el concepto de plaga implica una consideración antropocéntrica, como se dijo anteriormente, ya que solo consideramos como plaga aquellos insectos que destruyen y causan pérdidas en productos por los que el hombre tiene un especial interés, normalmente de tipo económico. Si la planta atacada no es objeto de cultivo, no nos planteamos que los insectos que viven a expensas de ellas sean 'plagas'. En cualquier caso, esa habilidad de los insectos para alimentarse de multitud de especies vegetales (incluidas las de interés agrícola) puede explicarse por razones biológicas y por factores creados por el hombre.

Los primeros fósiles de insectos han sido datados con una edad de 350-400 millones de años (Knechta, 2011). Por lo tanto, han tenido mucho tiempo para irse adaptando a las distintas especies de plantas que han ido surgiendo en ese periodo. Según los registros fósiles, las plantas sin flores se originaron hace unos 450 millones de años y las primeras plantas con flores tienen unos 150 millones de años de antigüedad. En ese dilatado periodo de tiempo, insectos y plantas se han ido adaptando continuamente unos a otros, han coevolucionado para sobrevivir. Así, los insectos han sido capaces de adaptarse a los mecanismos que han ido poniendo en marcha los vegetales para defenderse de ellos. El resultado de ese largo proceso ha sido un equilibrio en el cual los daños que los insectos causan a las plantas son perfectamente tolerados por el vegetal. Sin embargo, este equilibrio se rompió drásticamente cuando el hombre agricultor comenzó a seleccionar especies y variedades más productivas y a sembrarlas en grandes extensiones y en zonas a veces muy lejanas de su lugar de origen.

Una de las consecuencias de este proceso de coevolución es que los insectos desarrollaron eficaces mecanismos de detoxificación que les permiten alimentarse de tejidos vegetales conteniendo una gran diversidad de metabolitos secundarios, algunos de los cuales fueron elaborados por las plantas para defenderse precisamente de ellos. Esta capacidad de los insectos tuvo luego una gran importancia cuando surgió el control químico y permite entender, en parte, la capacidad de estos animales para adquirir resistencia a estos nuevos compuestos de síntesis.

Otra característica de la biología de muchos insectos es la de tener ciclos de vida cortos y modalidades de reproducción que les permite generar una descendencia abundante en poco tiempo. Hay especies que son capaces de reproducirse asexualmente (por partenogénesis) lo que les permite explotar rápidamente un recurso alimenticio provisional. Es el caso de los pulgones, que cuando comienza la brotación y hay abundantes tejidos vegetales tiernos se reproducen partenogenéticamente y sus poblaciones se incrementan rápidamente en pocas semanas. Esta capacidad de partenogénesis en unos casos, y en otros la capacidad de producir numerosos huevos, junto a la existencia de ciclos cortos, permite que aquellos individuos que tienen más desarrollada alguna de estas capacidades de detoxificación y por lo tanto pueden sobrevivir a las dosis empleadas en los tratamientos químicos, pasen a su descendencia esta característica y, en poco tiempo, tengamos poblaciones resistentes a los productos químicos que se aplican para su control.

A lo largo de esos 350-400 millones de años los insectos también han desarrollado un sofisticado sistema de comunicación química (feromonas) que regulan gran parte del comportamiento de estos animales. El desarrollo de estas feromonas fue acompañado de la adquisición de un sistema de receptores químicos, que les ayuda también a identificar otros

semioquímicos (sustancias producidas por organismos que modifican el comportamiento de otros seres vivos), en esta ocasión producidos por vegetales o por especies de insectos, lo que representa una gran ventaja para localizar el alimento, lugares adecuados de puesta, etc.

Las razones anteriores podrían explicar en parte el motivo por el que se originan las plagas agrícolas y las dificultades que existen para su control. Son cuestiones relacionadas con la biología de los insectos. Sin embargo, podemos considerar otras que, aún estando estrechamente ligadas a la biología, son originadas por la actividad del hombre.

Desde que el hombre inició la agricultura hemos ido seleccionando las variedades cultivadas en busca de una mayor productividad. Durante ese proceso de selección, llevado a cabo por los propios agricultores, mejoradores vegetales, y posteriormente con los productores de híbridos, muchas de las variedades cultivadas han ido perdiendo parte de los mecanismos naturales de defensa adquiridos durante millones de años en ese lento proceso de coevolución.

De forma paralela al proceso de selección vegetal, hemos introducido especies cultivadas, variedades e híbridos, en lugares alejados de su región de origen, olvidándonos de variedades propias, tal vez menos productivas, pero mejor adaptadas a las condiciones particulares de la zona. Estas variedades foráneas no evolucionaron conjuntamente con los insectos que se encuentran en el lugar de importación. Por otro lado, hemos transportado, bien mediante el comercio o bien en la maleta del equipaje, a los insectos de unas regiones a otras, donde no existen enemigos naturales que regulen sus poblaciones. En ambas circunstancias hemos puesto en contacto a una especie vegetal con una especie de insecto que no han desarrollado mecanismos que permitan llegar a un equilibrio entre ellas, y por lo tanto, es una situación ideal para que los insectos puedan aumentar sus poblaciones hasta niveles de plaga. En el caso del transporte de insectos de un lugar a otro hay que incluir, además, otro factor importante. En su lugar de origen, la especie de insecto en cuestión suele estar regulada también por la presencia de enemigos naturales que hacen que las poblaciones no lleguen a densidades que pongan en peligro a las especies vegetales. Cuando se realiza la introducción de un insecto en una región distinta, sus enemigos naturales no suelen ir con ellos o no llegan a establecerse en las nuevas condiciones ambientales, por lo que este freno natural al aumento de población desaparece.

El empleo abusivo e indiscriminado de los plaguicidas químicos de síntesis ha dado lugar a la existencia de poblaciones de insectos muy resistentes. Fenómeno ligado a la variabilidad natural de toda población, debida probablemente a distintos genes de resistencia presentes en los insectos, relacionados con las capacidades de detoxificación. La transmisión de esas características de resistencia, seleccionadas artificialmente

por el uso de insecticidas químicos, se ve acentuada por la alta tasa reproductora y ciclos cortos que se comentó anteriormente. La aplicación indiscriminada de insecticidas químicos para el control de plagas llevó a la situación de que muchos de ellos dejaron de ser eficaces por la selección de poblaciones resistentes (Blumel, 2002). El problema se agravó cuando se comprobó que una población resistente a un determinado compuesto químico, normalmente presentaba resistencia cruzada a otras moléculas, que incluso nunca se habían aplicado en esa región. Además, se comprobó que la misma especie de insectos presentaba diferentes grados de resistencia frente a un mismo insecticida dependiendo de la zona en que estuviera y del historial de tratamientos aplicados en cada una. El desconocimiento de este hecho hizo que en algunas zonas se aplicaran dosis excesivamente altas del insecticida (sin necesidad, puesto que la población era sensible) mientras que en otras las dosis eran muy bajas para la resistencia que había adquirido la población presente en ella, con lo que la población adquiría más resistencia puesto que esas dosis subletales permitían sobrevivir a aquellos individuos mejor preparados.

Hasta la década de los 50 del siglo pasado, el número de especies de insectos resistentes a alguno de los pocos productos químicos que se empleaban para su control era relativamente bajo (Tabla 2). Sin embargo, a los pocos años de la introducción y uso generalizado del DDT el número de especies de insectos con alguna resistencia se disparó. La posterior introducción en el mercado de distintos tipos de insecticidas químicos de síntesis y su uso masivo, hizo que a finales de la década de los 80, se conocieran más de 500 especies de plagas que mostraban resistencia; en algunos casos, esa resistencia era frente a distintos tipos de moléculas químicas usadas como insecticidas.

Tabla 2. Incremento cronológico del número de insectos y ácaros con resistencia documentada hacia los plaguicidas (según Georghiou, 1990).

DÉCADAS	Nº especies	TOTAL
1908	1	1
1909 – 1918	2	3
1919 – 1928	2	5
1929 – 1938	2	7
1939 – 1948	7	14
1949 – 1958	62	76
1959 – 1968	148	224
1969 – 1978	190	414
1979 – 1988	90	504

Control de plagas agrícolas

Desde que comenzó la agricultura y se tuvo la necesidad de controlar y reducir los daños causados por las plagas agrícolas, este problema se ha ido tratando de resolver de distintas formas, relacionadas directamente con el conocimiento de la biología de las plantas y las plagas y también con los avances en otras ciencias, como es el caso de la Química o la Biología.

Antes del siglo XIX se hacía lo que se podía para el control de las plagas, recurriendo a compuestos como piretros, caldo bordelés, azufre, variedades adaptadas, métodos culturales y poco más. La situación se vio considerablemente agravada cuando entraron en funcionamiento los barcos de vapor. En 1862 ya se cruzaba el Atlántico Norte en tan solo 8 días. Fue un hito histórico en las comunicaciones marítimas, celebrado por todo el mundo, incluidos los insectos. Este hecho junto con el desconocimiento que había sobre la dispersión de plagas, supuso que muchos insectos viajaron en estos veloces barcos dispersándose a grandes distancias, a territorios nuevos en los que no existían enemigos naturales que pudieran poner freno o control a su desarrollo. En la actualidad, en pocas horas, una fruta recogida a 15000 km de distancia ya está a la venta en nuestros supermercados. Esta dispersión a grandes distancias de los insectos en poco tiempo fue generalizándose, y en algunos sitios la gravedad de los daños que causaron estas plagas introducidas fue de tal magnitud que los gobiernos tuvieron que prestar atención a este problema.

Pocos años después de que comenzaran a funcionar los barcos de vapor y se aumentara la velocidad del transporte de productos agrícolas, hacia 1868-69, surgió una grave plaga de cítricos en California que obligó al gobierno americano a intentar controlarla y poner en marcha lo que sería el primer programa exitoso documentado de control biológico. Con anterioridad se había empleado el control biológico con más o menos acierto, pero fue el éxito espectacular del control de la ‘escama algodonosa’ de los cítricos en California el que marcó el punto de partida en el uso de enemigos naturales para el control de plagas.

La cochinilla acanalada de los cítricos (*Icerya purchasi* Mask.) es un insecto nativo de Australia, introducido accidentalmente en California y casi al mismo tiempo en Nueva Zelanda y Sudáfrica. Después, se dispersó hacia la mayoría de las áreas tropicales y subtropicales y a muchas regiones templadas del mundo. Esta introducción, que no fue acompañada con la dispersión simultánea de los enemigos naturales del insecto, pasó desapercibida inicialmente hasta que el aumento de población del insecto y los daños que causaba fueron evidentes. A principios de la década de 1880 la industria cítrica californiana padecía pérdidas millonarias por la infestación de este insecto.

El riesgo que supuso para la economía de California (junto con las protestas y demandas de ayuda de los agricultores) llevó al gobierno federal a intervenir. Se designó a Charles Valentin Riley (Jefe de la División de Entomología del Gobierno Federal) para que estudiara el problema. C. V. Riley propuso la búsqueda de los enemigos naturales de la cochinilla en Australia y su eventual introducción en California, lo que *de facto* se considera el primer caso de diseño y planeamiento de un control biológico, y que además tuvo un éxito espectacular.

Riley dio instrucciones para que sus dos entomólogos de campo, Albert Koebele y Daniel William Coquillet, llevaran a cabo esta tarea. En 1888, el primero fue enviado a Australia para buscar enemigos naturales de *Icerya purchasi*. Koebele redescubrió un insecto conocido como ‘vedalia’ y cuyo nombre científico es *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera, Coccinellidae), que había sido descrito anteriormente, pero al que no se le había prestado mayor atención. Nadie imaginó entonces el papel que tendría este pequeño animal en el futuro del control de plagas.

En noviembre de 1888, Koebele hizo el primer envío de la ‘vedalia’ hacia California. Entre noviembre de 1888 y abril de 1889, Coquillet recibió en California cinco envíos con un total de 524 ejemplares de *Rodolia cardinalis*. Este escaso número de insectos importados resultó ser suficiente. Se adaptó perfectamente a las condiciones de California y se reprodujo. En poco tiempo sus poblaciones fueron lo suficientemente grandes para realizar la regulación de las poblaciones de la plaga.

El éxito alcanzado por *Rodolia cardinalis* ‘estableció los procedimientos del control biológico como un método válido de control de plagas’, inauguró la era moderna del control biológico clásico y promovió el interés y entusiasmo por el control biológico en todo el planeta. Tras el éxito en California, entre 1889 y 1958, la ‘vedalia’ fue introducida en 55 países localizados tanto en zonas tropicales como templadas y desérticas.

Desde la perspectiva actual la actuación de Riley puede ser cuestionable, puesto que hoy consideramos que para realizar este tipo de introducciones antes es necesario realizar rigurosos estudios sobre los posibles efectos colaterales que podría tener la introducción de una especie foránea (aunque sea un enemigo natural de una plaga). Pero al margen de estas consideraciones, lo cierto es que el éxito alcanzado por Riley en el control de la escama algodonosa de los cítricos introduciendo este enemigo natural, marcó un momento histórico en el control biológico de plagas.

No obstante, el término ‘control biológico’ fue utilizado por primera vez unos 30 años más tarde, por Harry Scott Smith en 1919, quien lo definió como: ‘Utilización por parte del hombre de seres vivos (depredadores, parásitos y patógenos), que limiten las poblaciones de ciertos organismos, animales o vegetales, perjudiciales’. Esta definición contemplaba otros

organismos biológicos potencialmente útiles como agentes de control, además de los propios insectos.

La finalidad de la lucha biológica, es que mediante la interacción a lo largo del tiempo entre enemigos naturales y plagas, se llegue a la posición de 'equilibrio biológico', siendo este equilibrio una característica permanente de un determinado cultivo (Gambaro, 1986). No se trata tanto de un control sino de una regulación de una población debido a sus interacciones con otra, de tal manera que la población se mantenga estable en torno a ese punto de equilibrio biológico, en el que los daños son perfectamente tolerables por el vegetal y por el propio agricultor.

Sin embargo, el desarrollo de la lucha biológica tuvo momentos frustrantes. Algunos fracasos hicieron ver la importancia que tenía el conocimiento de la biología tanto del insecto plaga como de los posibles insectos usados para su control. La idea de control biológico parece simple, una vez instalado se mantiene en el tiempo, pero en la práctica supone más complejidad que el tratamiento químico ampliamente usado en la segunda mitad del siglo XX.

Un ejemplo de esto lo tenemos con el control biológico de la cochinilla del café en Kenia. Durante casi veinte años ocurrió una cadena de fracasos en el intento de controlar a esta plaga. Las causas de dichos fracasos son una importante lección de la que se ha tomado buena nota.

En 1923 se detectó una plaga del cafeto en Kenia. El insecto se estudió morfológicamente y se llegó a la conclusión de que se trataba de una especie de cochinilla algodonosa, *Pseudococcus citri* Riso (Homoptera, Pseudococcidae), ya conocida por causar daños en muchas otras plantas cultivadas. Siguiendo las pautas de lo realizado en California unos 30 años antes, entre 1923 y 1926 se importaron ejemplares de un coccinélido, *Cryptolaemus mountrouzieri* Mulsant (Coleoptera, Coccinellidae) y de *Leptomastidea abnormis* (Girault) (Hymenoptera, Encyrtidae) que se sabía que atacaban a esta cochinilla algodonosa en Sicilia. Los insectos de este primer envío murieron durante el transporte y no llegaron a Kenia. Una posterior importación desde California llegó al país, se liberaron pero no consiguieron establecerse y controlar la plaga.

Tratando de buscar una explicación a este primer fracaso, en 1934 los investigadores se dieron cuenta de que la identificación inicial del insecto como *Pseudococcus citri* había sido un error, y consideraron que se trataba de otra especie diferente, conocida como *Pseudococcus lilacinus* Ckll. (Homoptera, Pseudococcidae). Aparentemente, una vez resuelta la confusión que podría haber explicado el primer fallo, se importaron parásitos de *Pseudococcus lilacinus* desde Filipinas y Java, donde se sabía que controlaban a dicha especie de cochinilla algodonosa.

Pero nuevamente falló el intento de establecer con éxito una población de parásitos y la cochinilla algodonosa siguió devastando los cafetales.

Estos daños hicieron que los investigadores persistieran en su afán por encontrar la clave a estos fracasos sucesivos. Si el control biológico había funcionado muy bien en California y luego en muchos otros sitios, ¿por qué no sucedía lo mismo en Kenia?

Se revisaron nuevamente los estudios sobre la identificación de la especie que causaba la plaga, y en 1935 se comprobó que se trataba de una especie nueva de cochinilla algodonosa, introducida en Kenia, y que nunca había sido descrita para la ciencia. A esta nueva especie se la denominó *Pseudococcus kenya* Le Pelley (Homoptera, Pseudococcidae). Por lo tanto, se podía justificar por qué los enemigos naturales de las otras especies de cochinillas importados anteriormente, no habían conseguido ningún éxito.

En descargo de los investigadores hemos de considerar que por aquella época la identificación de especies por su morfología era una cuestión relativamente compleja, dependiendo del grupo de insectos, y era especialmente complicada con el grupo de las cochinillas algodonosas. Además, los investigadores carecían de los medios técnicos que disponemos hoy en día y de la rapidez para transmitir y recibir información.

El problema en ese año 1935 fue determinar el origen de esta nueva especie, para buscar allí sus enemigos naturales. En 1937 se encontró la misma especie de cochinilla en Uganda, pero sorprendentemente allí no era una plaga sobre los cafetales. Inmediatamente se inició la búsqueda de enemigos naturales en ese país, encontrándose varias especies de *Anagyrus* (Hymenoptera, Encyrtidae), entre ellos *Anagyrus beneficians* Compere, un pequeño himenóptero que atacaba a la cochinilla del cafeto en Uganda. Se importaron a Kenia donde fueron criados y ya, en 1938, se hizo una primera liberación 15000 adultos. Entre 1939 y 1941 se liberaron 200000 insectos cada año. Estas liberaciones de enemigos naturales, su establecimiento en los campos de café y el control que ejercían sobre la cochinilla hicieron que las pérdidas se redujeran en un 90%. Este control biológico siguió siendo eficaz al menos hasta 1956. De esta forma, la elevada importancia de realizar una identificación correcta tanto del insecto como de sus enemigos naturales quedó clara.

Este ejemplo nos ilustra que a la hora de diseñar un control biológico todos los aspectos a considerar son importantes, y que el fracaso a veces está más relacionado con errores humanos en la planificación, que con el propio concepto de lucha biológica.

Resulta crucial determinar los posibles efectos adversos para el ecosistema de los organismos que introducimos. La introducción de un insecto (u otro organismo) para el control de una plaga debe hacerse evaluando muy bien el posible impacto que este insecto útil pueda tener en otros insectos nativos de la región donde se pretende introducir. Se trata de organismos vivos y, por lo tanto, empezarán una interacción con el ecosistema donde los liberemos. La idea de que solo se instalarán en el

cultivo donde está actuando la plaga es errónea. Una vez que se han liberado en el cultivo, este insecto útil se desplazará por su entorno, tanto en las zonas cultivadas como en las no cultivadas. De aquí la necesidad de evaluar previamente todos los posibles impactos que pueda suponer para el ecosistema (Delfosse, 2005).

Hay casos donde la aplicación del control biológico ha generado algún tipo de problemas. En Hawai se han documentado distintos incidentes causados por la introducción de agentes de control foráneos, pero la aplicación de criterios adecuados ha hecho que esos incidentes se hayan reducido sustancialmente en la última década en aquellas islas.

En Canarias se ha sugerido que el declive de una mariposa endémica, *Pieris cheiranthi* Hübner (Lepidoptera, Pieridae), ha sido causada por un bracónido parasitoide (Lozan, 2008). La introducción de *Compsilura concinnata* Meigen (Diptera, Tachinidae) en Estados Unidos en 1906, para el control de *Lymantria dispar* (L.) (Lepidoptera, Lymantriidae) y otras plagas de lepidópteros, fue el responsable del declive de algunas mariposas nativas debido al parasitismo que se estableció sobre las larvas de estos insectos (Hoddle, 2002). Estos y otros casos similares apoyan la necesidad de realizar evaluaciones previas a la aplicación del método de control biológico, sobre todo cuando se trata de introducir enemigos naturales foráneos. Debemos de ser conscientes de que cualquier método de control tiene sus ventajas e inconvenientes, incluido el control biológico. La cuestión es elegir aquel más adecuado a cada caso, que nos de una eficacia suficiente con un mínimo coste ambiental, sanitario, etc.

Auge de los insecticidas químicos

El control biológico fue funcionando perfectamente, incluso los errores que se producían servían para entender mejor los mecanismos implicados en esta técnica de control. Pero sufrió un repentino parón en su utilización, coincidiendo con la salida al mercado de numerosos compuestos químicos de síntesis que actuaban como insecticidas. La carrera se inició con el DDT [Dicloro Difencil Tricloroetano o 1,1,1-tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)-etano], y que solo en los últimos años se ha ido frenando debido a las numerosas evidencias del impacto negativo que tiene para el ecosistema y las personas, además de haberse mostrado como una solución eficaz solo a corto plazo.

Podemos considerar a la segunda mitad del siglo XX como la época dorada de los insecticidas químicos. Resulta espeluznante ver alguno de los anuncios publicitarios de los años 40-50 fomentando el uso del DDT, en los que personalidades famosas aparecían envueltas en una nube de este producto para demostrar su 'inocuidad', lo que a la larga se demostró que era totalmente falso.

Tampoco podemos demonizar completamente a los insecticidas químicos. En su momento supusieron una ayuda importante para los agricultores, y fueron una valiosa herramienta para el control de insectos vectores de graves enfermedades para los humanos, como es el caso de la malaria. Posiblemente, el mayor error estuvo en considerar a esta herramienta como única y usarla de forma masiva e indiscriminada, desoyendo las primeras voces que alertaban sobre posibles efectos negativos en el ambiente y las personas, así como la aparición de las resistencias en los propios insectos.

Pero a pesar de los inconvenientes y de los problemas bien documentados, parece que había y hay importantes razones económicas para proseguir en esa carrera hacia delante, produciendo más químicos y buscando nuevas moléculas activas que se pudieran sintetizar y producir a gran escala. Hay que reconocer que una de las grandes ventajas que tienen los insecticidas químicos de síntesis es que son baratos de producir y la producción a gran escala contribuye al abaratamiento de esos costes. Son fáciles de transportar a grandes distancias manteniendo su capacidad de matar a los insectos (por lo menos hasta que estos adquieren resistencia frente a ese compuesto químico). En muchos casos son relativamente estables cuando se aplican sobre el cultivo y por tanto tienen una larga persistencia. Son muy fáciles de aplicar, por lo que los propios agricultores no requieren tener una formación especializada y son capaces de preparar los distintos caldos a las concentraciones indicadas por el fabricante (actualmente se requiere, al menos en la Unión Europea, el estar en posesión de un permiso especial para el uso y aplicación de estos químicos, pero no era así hace no muchos años). Resultan engañosamente seguros y eficaces, puesto que los efectos perjudiciales crónicos en las personas se detectan a largo plazo.

Volviendo a las razones económicas, y para entender mejor este problema, las estimaciones para el mercado mundial de fitosanitarios calculaban en 2007 un volumen de ventas en torno a los 21.267 millones de euros. En la Unión Europea ese mercado alcanzaba 6.731 millones de euros mientras que en España la Asociación Española de Productores de Fitosanitarios (AEPLA) cifraba ese comercio en 575 millones de euros. Se trata de un gran negocio, con grandes beneficios que las grandes empresas no están dispuestas a perder, al menos mientras no se vean obligadas. Hay que considerar que poner un nuevo producto insecticida químico de síntesis en el mercado requiere una gran inversión económica y una media de 8 años de investigación y desarrollo (Pimentel *et al.*, 1978) y las empresas quieren amortizar a toda costa esa inversión.

Afortunadamente el panorama ha ido cambiando progresivamente. Las claras evidencias del perjuicio medioambiental y para la salud humana, así como la ineficacia a medio y largo plazo, han llevado a la Unión Europea a

imponer severos controles al uso de estos productos y al registro de nuevas moléculas para este fin.

Un argumento que se valora cada vez más es lo que se ha dado en llamar ‘costes ambientales’ o ‘costes externos’. Es decir, lo que cuesta a la sociedad paliar los efectos perjudiciales que conlleva la aplicación de los insecticidas químicos, y que desafortunadamente, todavía no se ha generalizado su inclusión a la hora de establecer el coste que supone la aplicación del control químico. Estamos ya acostumbrados a oír hablar de pagar por la emisión de CO₂ a la atmósfera, incluso los impuestos de los vehículos gravan más a los modelos que más CO₂ producen. Sin embargo, esta idea todavía no ha llegado al ámbito del control químico de plagas y no se suele tener en cuenta cuando se compara los costes reales de éste con los de otros alternativos.

Y no se puede alegar desconocimiento. Hace ya varias décadas que se han realizado diversos estudios sobre estos daños colaterales y lo que suponen para la sociedad. Ya desde la década de los 80-90 se realizaron estudios de esta naturaleza en Estados Unidos. Estudios más recientemente (Mundford *et al.*, 2005), ponen en evidencia que los costes externos en los tratamientos químicos puede suponer una cantidad económica importante que al final, es asumida por la sociedad. Estos últimos estudios se han basado en el control de plagas de los cítricos y han mostrado como esos costes externos son muy variables, dependiendo del tipo y características de los compuestos y de la forma en que se aplican. Así, por ejemplo al Spinosad formulado como ‘cebo’ se le calcula un coste externo de 0,001 €/Ha y aplicación, mientras que cuando es usado para fumigación ese coste sube hasta los 0,76 €/Ha y aplicación. Esta misma comparativa para el Trichlorfon es de 1,52 €/Ha y aplicación en forma de cebo, y de 12,94 €/Ha y aplicación en forma de fumigación (algunos céntimos más que el Clorpirifos aplicado de la misma forma). En ese estudio hay varios insecticidas con unos costes externos próximos a los 15 €/Ha y aplicación: el Fenitrothion (14,04 €), Metidathion (14,22 €) y Fosmeth (14,71 €).

Presentados de esta forma, parece que un coste externo de 14,71 €/Ha y aplicación no sea un coste elevado, pero cuando esto lo trasladamos a todo un país los números sí resultan importantes. Así, los costes derivados de la presencia de insecticidas en el ambiente (fuentes de agua potable, muertes de peces, incidentes ambientales, efectos sobre polinizadores, etc.) estimados en libras esterlinas, fueron de unos 192 millones en el Reino Unido, 950 millones en Estados Unidos y 86 millones en Alemania, lo que en conjunto, constituyen cantidades muy importantes (Prety *et al.*, 2001), y que a diferencia de lo que ocurre con el CO₂ y los medios de transporte, donde existe un impuesto que grava a las emisiones de CO₂, en el caso de los insecticidas (y de otros fitosanitarios), no paga quien contamina sino que esos gastos se asumen por toda la sociedad, lo que incluye también, y

resulta paradójico, a aquellos agricultores que realizan agricultura biológica.

Un aspecto que merece ser destacado dentro de estos costes externos es la incidencia de estos insecticidas químicos de síntesis sobre la salud humana. Muchos estudios muestran como la exposición a estos compuestos trae distintas consecuencias para la salud humana. Sin entrar en el problema de la intoxicación aguda que puede llevar rápidamente a la muerte de la persona, la situación menos evidente es la exposición crónica a niveles subletales de estos compuestos. Hay evidencias sólidas que relacionan determinadas dolencias con determinados insecticidas.

En Canarias, un estudio publicado en el 2004 reveló que un alto porcentaje de la población canaria presentaba residuos de DDT o sus derivados en el organismo. Y el DDT fue oficialmente prohibido en el año 1977 (27 años antes). Este insecticida se puede almacenar en las grasas animales y permanecer allí durante mucho tiempo, por lo tanto, no es extraño que se encontraran estos residuos en personas mayores de 30 años. Lo que resulta inquietante en dicho estudio es que estos residuos y derivados del DDT también se encontraran en individuos muy jóvenes, lo que indica que han tenido una exposición reciente a este insecticida. En algunos puntos de Gran Canaria los niveles de derivados del DDT en la población alcanza valores similares a los que se encuentran en zonas donde la malaria es endémica y se han aplicado cantidades ingentes de ese insecticida para el control del mosquito vector de la enfermedad (Zumbado *et al.*, 2004).

A pesar de todo, la carrera por el descubrimiento de nuevos insecticidas químicos continua, los intereses económicos son muy fuertes, y cuando la legislación de Estados Unidos o de la Unión Europea se ha endurecido, el recurso ha sido enviar esos productos químicos a países en vías de desarrollo, en los que la legislación no existe o es más laxa, y donde se están acumulando en grandes cantidades.

¿Hacia donde vamos en el control de plagas?

En este punto, cuando ya hemos visto como el control biológico es efectivo, y hemos adelantado algunas opiniones sobre el auge de los insecticidas químicos y el retroceso paralelo que tuvo el desarrollo y aplicación de la lucha biológica, esta es la siguiente cuestión que nos planteamos, junto con: ¿Qué previsiones hay sobre como será el manejo de plagas en ese futuro a corto y medio plazo?

A esta pregunta se está dando respuesta desde hace varios años. Una propuesta han sido las plantas transgénicas, y más concretamente las ‘plantas Bt’, en las que se ha incorporado al genoma de la planta un gen de

Bacillus thuringiensis que codifica la producción de una toxina que tiene propiedades insecticidas. Las esperanzas puestas en esta técnica se han visto frustradas puesto que ya se han descrito poblaciones de insectos que se han vuelto resistentes a la toxina y han sobrepasado la defensa que proporcionaba a la planta la introducción de ese gen bacteriano. Este riesgo había sido previamente anunciado por especialistas en control de plagas, pero una vez más, posiblemente por intereses económicos, fue desoído sistemáticamente por las empresas desarrolladoras de esta tecnología.

Dejando al margen este tipo de innovaciones, por las que habrá que esperar un poco más para poder evaluarlas correctamente, las previsiones en la agricultura para un horizonte a medio y corto plazo apuntan hacia la introducción de los conceptos ecológicos en el campo agrícola (cosa que ya viene ocurriendo desde hace años). Estos conocimientos ecológicos deben ser entendidos y manejados por los agrónomos que tendrán que diseñar y manejar la explotación agrícola como un ecosistema especial, el ‘agroecosistema’.

Este concepto, que no es nuevo, puesto que es el tipo de cultivo que prácticamente se llevaba a cabo hasta la década de 1940, exceptuando los sistemas de monocultivos, tendremos que retomarlo y adaptarlo a la situación actual. Tendremos que aprovechar todos nuestros conocimientos sobre las distintas interacciones que se establecen entre los organismos presentes en un cultivo agrícola, y entre estos y los que se encuentran en las zonas adyacentes, sean otros cultivos o espacios naturales. Esta idea encaja también en lo que se ha puesto de moda en llamarse ‘agricultura sustentable’ o ‘agricultura sostenible’. Posiblemente este planteamiento agroecológico sea el predominante en la agricultura de un futuro próximo.

En este agroecosistema, en lo que se refiere al control de plagas, nos vamos a encontrar con distintos tipos de interacciones biológicas en el cultivo, que debemos conocer para poderlas manejar adecuadamente con el fin de reducir los daños causados por los insectos. O lo que es el objetivo fundamental, manejar esas interacciones de forma que las poblaciones de los distintos insectos se regulen y no lleguen al nivel de plaga.

El primer aspecto a considerar es la propia planta, el suelo y las condiciones de cultivo. Hemos asistido a la reducción del número de cultivares que se emplean para la producción de alimentos. Se han distribuido semillas de muy pocas especies que, cuando se producen en condiciones adecuadas, son muy productivas, pero que al mismo tiempo, esta homogeneidad supone un elevado riesgo de que una posible plaga o epidemia se extienda por todo el cultivo y arrasase con él (en el sur de Estados Unidos una epidemia en los años 70 arrasó casi el 20% de la producción de millo, y en algunos lugares las pérdidas llegaron al 100% de la cosecha, lo que es un ejemplo muy ilustrativo). Es frecuente que la introducción de estos cultivares productivos se haga en una zona donde las

condiciones ambientales no son las más favorables, pero que aún así, resultan más rentables que variedades tradicionales seleccionadas mediante siglos de experiencia por los agricultores locales, y que normalmente están mejor adaptadas a las condiciones locales y sufren menos problemas de plagas y enfermedades. Sin embargo, el hecho es que en la actualidad se están perdiendo estas variedades a favor de los cultivares comerciales.

En este agroecosistema tendremos que evaluar las ventajas de diversificar los cultivos, de forma que esa diversidad vegetal se traduzca en una diversidad faunística que propicie interacciones de autorregulación entre las poblaciones de insectos. Existen muchos trabajos de investigación que muestran como la diversidad vegetal suele ir acompañada de mayor diversidad de especies de insectos que se autorregulan y evitan que una de ellas aumente y se convierta en un grave problema (Frank, 2010). Cuestión diferente es que el agricultor deba realizar sus cálculos y evaluar hasta que grado le es rentable esa diversificación agrícola y hasta donde puede permitírselo. La demanda del consumidor de los distintos tipos de vegetales es también diferente, y el agricultor debe tratar de responder a esa demanda. Pero la diversificación de los cultivos es una herramienta muy útil que debemos contemplar en el manejo de ese agroecosistema. Tenemos que tratar de alcanzar un cierto equilibrio entre los distintos elementos que forman el agroecosistema.

Cuando se produzcan desequilibrios (y será difícil que no sea así puesto que ya por sí mismo el ecosistema agrícola no es 'natural', es manipulado por el agricultor) debemos recurrir a métodos de control que interfieran lo mínimo posible con esa búsqueda del equilibrio en el cultivo y que, por lo tanto sean, medioambientalmente hablando, lo más inocuos posibles.

Existen distintas estrategias de control de insectos-plagas que pueden aplicarse en un agroecosistema. La primera ya se ha comentado: establecer un cultivo con variedades adaptadas a las condiciones ambientales locales y a las peculiaridades del suelo donde se va a cultivar, diversificar la explotación agrícola (Men *et al.*, 2004) y realizar un seguimiento del estado del cultivo y de los insectos que viven a sus expensas.

Si en estas condiciones alguno de los factores se modifica y una población de insectos aumenta o existe la posibilidad de que ponga en riesgo la producción, disponemos de herramientas para tratar de evitar que surja el problema o reducir su incidencia. Algunas de esas herramientas ya se han utilizado con eficacia, mientras que otras están siendo investigadas y desarrolladas, por lo que habremos de esperar algún tiempo para comprobar realmente su utilidad para el control de plagas.

a) Control biológico: La Organización Internacional de Lucha Biológica (OILB) define el control biológico como 'la utilización de organismos vivos, o de sus productos, para evitar o reducir las pérdidas o daños

causados por los organismos nocivos'. Esta definición implica que, además de parasitoides, depredadores y patógenos de insectos y ácaros, se consideran también como agentes de control biológico, a los fitófagos y patógenos de malezas así como feromonas, hormonas juveniles, técnicas autocidas y manipulaciones genéticas. El control biológico trata de mantener las poblaciones de insectos dentro de unos márgenes tolerables, que oscilen en torno a lo que se conoce como punto general de equilibrio de la población. Esto lo podemos conseguir introduciendo enemigos naturales que se instalen en el cultivo y tengan la capacidad de regular continuamente la especie que puede llegar a ser perjudicial. Cuando el enemigo natural no es capaz de instalarse adecuadamente podemos recurrir a importaciones y liberaciones periódicas.

b) Machos estériles: La esterilización de machos realizada en instalaciones adecuadas y su posterior suelta en el campo permite a estos machos competir con los machos salvajes, no tratados, y cuando se aparean no fertilizan a las hembras, por lo que no dejan descendencia y teóricamente la población del insecto a controlar irá disminuyendo. Esta técnica implica la suelta periódica de estos machos estériles en amplias áreas. Una alternativa a esta esterilización dirigida solo a los machos es la utilización de quimioesterilizantes. En este caso, el compuesto esterilizante se coloca en trampas cebo con atrayentes alimenticios, por lo que acudirán tanto machos como hembras. Al alimentarse, los individuos de ambos sexos resultan esterilizados, y por lo tanto, cuando retornan al cultivo, los apareamientos entre ellos, o de estos con otros no esterilizados, no dejan descendencia, con lo que el efecto sobre la población será más acusado que cuando se emplean solo machos esterilizados. Sin embargo, esta técnica que se está probando con cierto éxito para el control de la mosca de la fruta, puede tener los días contados. El compuesto esterilizante usado en la actualidad es posible que sea prohibido por la Unión Europea en los próximos años. De ahí que se estén buscando otras moléculas que, siendo igual de eficaces, no tengan los inconvenientes que presentan las actuales.

c) Semioquímicos: Las relaciones insecto-planta e insecto-insecto suelen estar mediadas por moléculas químicas. Es el caso de las feromonas (compuestos producidos por un individuo que será identificada por otro individuo de la misma especie), o los aleloquímicos, que son aquellos compuestos que producidos por individuos de una especie son reconocidos por individuos de otra especie. Es el caso de compuestos de origen vegetal que son identificados por los insectos y los usan para localizar a la planta de la que se alimentan. El uso de feromonas para el control de plagas se ha extendido ampliamente. Las más frecuentes son las de tipo sexual, que se han podido identificar y sintetizar y que se usan conjuntamente con trampas a las que son atraídos los adultos de los insectos y en las cuales mueren. En este caso, las capturas son normalmente de machos que se dirigen a las

trampas atraídos por una feromona sintética que imita a la que produce la hembra. Otra forma de usar este tipo de feromonas, y que ha funcionado con éxito en el control de la polilla del racimo en la vid, es el método denominado de ‘confusión sexual’. En este caso, se distribuye la feromona sintética por el campo de cultivo, se crea una ‘nube’ artificial que enmascara a la que libera la hembra, de tal forma que los machos no pueden localizarla. En algunas especies se ha identificado un tipo de feromona llamado de ‘agregación’ que es usado por los individuos como señal para otros indicando normalmente la presencia de una fuente de alimento. El control del picudo negro de la platanera (*Cosmopolites sordidus* Germar) es un ejemplo del uso de este tipo de feromonas de agregación. La ventaja que tienen es que tanto los machos como las hembras son atraídos hacia las trampas.

d) Insecticidas botánicos: Muchas plantas han desarrollado metabolitos secundarios que son tóxicos para los insectos. Algunas de estas plantas, o más concretamente extractos de ellas ricos en compuestos como piretrinas [*Chrysanthemum cinerariaefolium* (Trev.) Bocc.], rotenoides (varias especies de *Derris*, *Lonchopcarpus* y *Tephrosia*) y nicotinoides (*Nicotiana tabacum* L.) se han usado para proteger a los cultivos y los granos almacenados. En los últimos años la necesidad de nuevos compuestos insecticidas ha llevado a muchos investigadores a realizar búsquedas de plantas bioactivas, y de hecho, muchos de los últimos registros de insecticidas están basados en este tipo de preparados vegetales, mezclas mas o menos complejas donde hay compuestos con distinto tipo de actividad (toxica, ovicida, etc.). El ejemplo más estudiado y cuyo uso está más difundido a nivel mundial es el ‘aceite de neem’, que se extrae de la semilla de *Azadirachta indica* A. Juss., una planta originaria del sudeste asiático y que hoy se encuentra ampliamente extendida por las zonas ecuatorial y tropical debido precisamente a este uso. Este aceite es una mezcla de casi cien compuestos diferentes, entre los que la azadiractina es el más importante.

e) Hongos endófitos: Se trata de una herramienta que está en desarrollo, aunque ya hay algunos ejemplos de su utilización exitosa (Giménez *et al.*, 2007). Son hongos que viven en simbiosis en el interior del vegetal. Se ha comprobado que, en algunos casos, la presencia de esos hongos proporciona a la planta que los posee una mayor resistencia frente a los ataques de los insectos, bien porque el hongo produce sustancias tóxicas para la plaga, o bien porque su presencia induce al vegetal a sintetizar este tipo de compuestos. En ambos casos, la planta sufre menos agresiones por los insectos fitófagos que se alimentan de ella. Las investigaciones con este tipo de organismos van encaminadas a conseguir aislar estos hongos, identificarlos, estudiar que papel juegan en estas interacciones y luego tratar

de inocularlos en las plantas cultivadas para que tengan una protección adicional frente a las plagas.

En un agroecosistema, el empleo de cualquiera o de todas estas herramientas, y algunas más que no hemos comentado, deberá hacerse de forma coordinada, teniendo siempre presente que las interacciones insectos-planta no son lineales, que están reguladas por numerosos factores (de la propia planta, del propio insecto, de las condiciones ambientales) y que además se establecen interacciones a distintos niveles tróficos (vegetal-insecto fitófago-predador). El manejo adecuado de todas estas relaciones es complejo, pero hay ejemplos en donde se ha utilizado con éxito para el control de plagas importantes.

Uno de estos ejemplos es la denominada estrategia push-pull, desarrollada por Pickett y sus colaboradores en Kenia (Khan, 2008). Después del éxito obtenido se ha intentado establecer sistemas similares en muchas partes del mundo para el control de distintas plagas.

La estrategia *push-pull* se podría resumir en establecer condiciones desfavorables para la plaga en el interior del cultivo y en las zonas externas que resulten atractivas para el insecto. En Kenia la estrategia consistió en intercalar plantas repelentes, que ‘empujan’ la plaga hacia el exterior del cultivo, donde otras plantas sembradas en los bordes la ‘atraen’ hacia ellas.

En Kenia existía un grave problema con el barrenador del millo [*Chilo partellus* Swinhoe (Lepidoptera, Pyralidae)], y los agricultores estimaban las pérdidas causadas en las cosechas de millo en un 15% (equivalente a unas 400.000 toneladas de millo), y en algunas zonas con pérdidas de hasta el 45%.

Para entender la solución diseñada para resolver el problema de las plantaciones de Kenia debemos destacar unas premisas previas. El control con insecticidas químicos es caro, tiene problemas medioambientales y para la salud humana, destruye enemigos naturales, origina resistencias, y su utilización no conseguía controlar los daños. Por otra parte, el uso de millo genéticamente modificado (Millo Bt), además de la posible polución ambiental, genera dependencia de los agricultores hacia pocas multinacionales, y los insectos podrían desarrollar resistencia. En muchos países se han establecido zonas buffers de 100 m o incluso más alrededor de los cultivos transgénicos y para evitar la resistencia se recomienda crear áreas ‘refugio’ con plantas no modificadas genéticamente. Pero los pequeños agricultores no tienen capacidad para introducir todas estas medidas

Sin embargo, la estrategia de introducir enemigos naturales como *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera, Braconidae) es la que ha dado mejores resultados y ha conseguido reducir las poblaciones del barrenador a la mitad. Se realizaron sueltas masivas y el parasitoide se estableció en Kenia cuatro años después de su liberación. *Cotesia* localiza a sus presas gracias a las sustancias volátiles que liberan las plantas cuando son heridas

por el barrenador, y el éxito alcanzado se debe a un meticuloso equilibrio diseñado para todo el agroecosistema.

La plaga de barrenador del millo tiene un rango de hospederos amplio, pero hay gramíneas que no son atacadas, y además, en el agroecosistema hay otras especies, incluso de interés agrícola, que tampoco son afectadas por este barrenador. La idea básica fue que los mejores hospederos debían liberar volátiles que facilitarían la precolonización e incitarían a las hembras grávidas a depositar en ellos gran cantidad de huevos. Muchos de estos volátiles resultaron comunes a diferentes especies vegetales, incluyendo plantas agrícolas. Mientras que las plantas que no eran atacadas debían, por lo tanto, liberar volátiles que permitieran al lepidóptero identificarlas como ‘no adecuadas’.

Se realizó una búsqueda en la que se identificaron más de treinta plantas cuyo olor atraía a los adultos del barrenador. Posteriormente se invitó a los agricultores a que seleccionaran aquellas que consideraran más adecuadas para su lugar y manejo de acuerdo con su propia experiencia. Eligieron dos gramíneas, el ‘pasto elefante’ (*Pennisetum purpureum* Schumach) y el ‘pasto del Sudan’ [*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.]. Estas dos plantas producen una sustancia gomosa que atrapa a la plaga y solo sobrevive el 10% de las larvas que se desarrollan sobre ellas. Al mismo tiempo se encontraron otras dos plantas, una gramínea, el ‘pasto melaza’ (*Melinis minutiflora* Beauv.) y una leguminosa, la ‘hoja de plata’ [*Desmodium uncinatum* (Jacq.) DC.] que repelían a la plaga. *Melinis* no solo libera mezclas complejas de sustancias volátiles que repelen al lepidóptero, sino que además, incrementa el parasitismo por *Cotesia sesamiae* (Cameron) (Hymenoptera, Braconidae), ya que sirve de refugio para el parasitoide (en ensayos de campo, la intercalación de ‘pasto melaza’ reduce las pérdidas entre un 4,6% y un 40%).

Otro hecho significativo en el desarrollo de esta estrategia fue que *Desmodium uncinatum* a su vez tiene otras ventajas. Además de repeler al lepidóptero, fija nitrógeno, es una buena planta forrajera, e inhibe el crecimiento de una mala hierba de la familia de las escrofulariáceas [*Striga hermonthica* (Delile) Benth.] que se ha dispersado rápidamente a través de África (Khan *et al.*, 2001). *Striga* es una planta parásita que se alimenta de las raíces del millo y localmente puede llegar a causar la pérdida de la plantación. En total, se calcula que las pérdidas medias en millo causadas por esta planta parásita se sitúan sobre el 15%. En ensayos de campo se ha comprobado que la ‘hoja de plata’ llega a reducir las poblaciones de la planta parásita en un 40%, comparado con las plantaciones de monocultivo.

Con todos estos elementos en juego, se realizaron plantaciones de millo en huertos de 50x50 m, comparando los daños por barrenador con parcelas similares de millo rodeadas de dos filas de *Pennisetum purpureum*. Esta barrera estaba separada aproximadamente un metro del cultivo para evitar

competencia por agua y nutrientes. Los daños en el millo con la barrera fueron estadísticamente menores que en el control sin barrera (16,8 y 27,5% respectivamente). En otras parcelas, además del borde de *Pennisetum purpureum*, se intercaló entre el millo plantas de *Melinis minutiflora*. En este caso la reducción de los daños fue mucho mayor (4,6% frente a un 39,2% en los monocultivos de control). También se ensayó intercalando plantas de la leguminosa *Desmodium uncinatum* entre las filas de millo. Los resultados obtenidos con los ensayos entre 1998 y 1999 fueron alentadores (Tabla 3).

Tabla 3. Porcentaje de daño causado por el barrenador del millo (*Chilo partellus*) en distintas condiciones de cultivo [con planta atrayente (*Pennisetum*) y plantas repelentes (*Desmodium* o *Melinis*)], con datos medios de 10 parcelas [(*) P<0,05; (**) p<0,01]. Adaptada a partir de Hassanali *et al.* (2008).

Año	Localidad	Millo + <i>Pennisetum</i>		Millo + <i>Pennisetum</i> + <i>Desmodium</i>		Millo + <i>Pennisetum</i> + <i>Melinis</i>	
		test	control	test	control	test	control
1998	Trms-Nzoia	8,3	18,8*	4,8	21,2**	6,5	18,9*
	Suba	14,9	25,7*	6,7	29,6**	7,9	22,1**
1999	Trms-Nzoia	11,7	23,1*	9,7	26,5**		
	Suba	18,7	29,3*	13,5	36,6**		

Era necesario conocer exactamente las bases científicas en las que se asentaba el éxito alcanzado, para lo cual se realizó un estudio de los compuestos químicos que entraban en juego en todas estas interacciones, llegándose a conclusiones sorprendentes.

Por un lado, las plantas de *Pennisetum* producían unos compuestos volátiles de seis carbonos, (E)-2-hexanal, (Z)-3-hexen-1-ol y (Z)-3-hexen-1-yl acetato, que también son producidos por otras gramíneas además del millo, que son reconocidos por las hembras del lepidóptero barrenador del millo y le indican donde existen plantas en las que depositar sus huevos. Se comprobó que las cantidades de estos compuestos producidos por *Pennisetum* tenía una variación diaria. En las primeras horas de la noche la cantidad de volátiles liberados por *Pennisetum* era mucho más alta que la producida por el millo, lo que explica porque el ‘pasto de elefante’ resulta mucho más atrayente para las hembras del barrenador que el propio millo. Es a últimas horas del día y primeras de la noche cuando los adultos de la plaga tienen una mayor actividad de vuelo y buscan las plantas donde depositar los huevos. Por lo tanto, en esos momentos *Pennisetum*, con esa mayor producción y liberación de volátiles, se convertía en un lugar más atrayente que el millo para depositar los huevos.

Adicionalmente se produjeron otros beneficios. La siembra de las filas de *Pennisetum* alrededor de los cultivos de millo proporcionó una cantidad de pasto y alimento para el ganado, lo que propició que en algunos distritos se pudieran criar mayor número de cabezas de ganado (en algunos casos se llegó a multiplicar por 100 el número de vacas), lo que supuso nuevos ingresos y fuentes de alimento para la población local. En aquellas localidades donde se intercalaba la ‘hoja de plata’ en el cultivo de millo (para paliar el problema de la hierba parásita) se generó una nueva fuente de ingresos, ya que esta leguminosa a su vez se convirtió en un cultivo rentable para suministrar semillas a los cultivadores de millo.

La gran ventaja de esta estrategia es el uso de recursos locales, y los propios agricultores pueden manejarla con un mínimo de asesoramiento. Además permite que en cada lugar se adapte a las condiciones locales. En los años 1994-95 se comenzó a investigar este sistema. En 1996-97 había unos 300 agricultores en Uganda y Tanzania que seguían este método, número que pasó a 500 en el 2000 y a 4000 agricultores en el 2005.

Este es un buen ejemplo de como el manejo adecuado del hábitat, usando de forma inteligente distintos elementos, contribuye a mejorar el control de plagas. También muestra la importancia de contar con la colaboración de los agricultores (tanto por sus conocimientos tradicionales del cultivo y sus características en cada zona, como por que serán ellos los implicados directamente en el manejo y mantenimiento de la estrategia) y revela igualmente la necesidad de conocer los aspectos científicos del proceso y de los elementos implicados, para lo cual se requieren investigaciones interdisciplinarias. Los elementos que forman parte de esta estrategia (cultivo, plaga y hábitat) deben adaptarse a cada caso particular (Mathews *et al.*, 2004), y pueden generar beneficios adicionales cuando se hace un diseño adecuado.

El futuro próximo nos dirá si esta concepción de los cultivos como ‘agroecosistemas’ será la forma en que podamos abastecer de alimentos a una población cada vez mayor. En cualquier caso hay algunos hechos sobre los que parece haber cierta unanimidad.

a) El control de plagas con compuestos químicos de síntesis estará muy limitado y dispondremos de ‘pocas’ sustancias activas. Esto puede tener una consecuencia positiva al estimular los estudios sobre el control biológico o de otro tipo.

b) Se estima que la demanda de alimentos a nivel mundial seguirá incrementándose, al menos hasta el 2050. Organizaciones como Convention on Biological Diversity (CBD) tenían el objetivo para el 2010 de que el 30% de las explotaciones agrícolas mundiales se realizaran de forma ‘amigable’ con el medio ambiente. A pesar de los esfuerzos y de que la superficie cultivada como ‘cultivo ecológico o biológico’ se ha ido

incrementando progresivamente, aún estamos lejos de ese objetivo del 30% marcado para el 2010, pero nos acercamos progresivamente.

Hay cierto consenso en el objetivo, una agricultura respetuosa con el medio ambiente, pero la manera de alcanzarlo parece compleja. Hemos comenzado en el control biológico, en una agricultura ‘tradicional’, sin fitosanitarios químicos y hemos vuelto al control biológico en un sentido más amplio, en la forma de agroecosistemas. Afortunadamente, durante este viaje de ida y vuelta al control biológico hemos aprendido mucho, tanto de los aciertos como de los errores. Por lo tanto, podemos decir que en este retorno venimos con algunas cosas más en nuestro equipaje (Mills, 2010).

Desde la perspectiva de considerar al cultivo como un agroecosistema, el control de plagas se basará en métodos biológicos, adaptados a cada caso particular (área geográfica, especie cultivada, plagas existentes, etc.) y en los que tendremos que valorar distintos elementos que podremos emplear y su influencia en las densidades de población de los insectos perjudiciales. El control biológico clásico, como el que se empleó en California en 1888, tendrá un papel importante, pero deberá usarse en combinación con otras herramientas de control, puesto que en el cultivo normalmente tenemos distintas plagas y enfermedades que deben mantenerse por debajo de unos niveles de población determinados. Mantener el suelo equilibrado, ‘vivo’, junto con el uso de variedades adaptadas a cada zona (variedades tradicionales) serán elementos fundamentales

El uso de insecticidas químicos de síntesis difícilmente será compatible con esta nueva forma de entender la agricultura. Tendremos dos tipos: los agroecosistemas y las explotaciones donde se seguirán empleando fitosanitarios químicos. La prevalencia de uno u otro estará en relación directa con nuestra habilidad para diseñar eficaces ‘métodos biológicos de control de plagas’.

Estamos volviendo de ese viaje que había comenzado antes, pero que tuvo un hito histórico en 1888, en California, con la cochinilla de los cítricos y su predador *Rodolia cardinalis*. Después de la experiencia de los insecticidas químicos, volvemos (por convencimiento propio, por obligación derivada de las restricciones impuestas por la Unión Europea o por la demanda creciente de los consumidores de alimentos libres de fitosanitarios químicos) a los métodos de control biológico en los que la manipulación del hábitat será un elemento importante, y la estrategia push-pull sirve de buen ejemplo de como podemos avanzar en este camino.

En cualquier caso, lo descrito hasta aquí, todo el esfuerzo que se realice en el control de plagas, no servirá de nada si no tomamos la medida más elemental, a la vez que la más eficaz, en la lucha contra los organismos perjudiciales para los cultivos: la prevención.

La prevención

Nuestras islas Canarias son un claro ejemplo de lo que puede representar la no aplicación de medidas eficaces que intenten impedir en lo posible la introducción de insectos foráneos, que luego se adaptan a nuestras condiciones, complican extraordinariamente el manejo de los cultivos y causan pérdidas importantes, agravando la ya de por sí difícil situación de nuestra agricultura. Como ejemplos, dentro de una larga lista de plagas y patógenos, podemos citar algunas de las plagas más conocidas, introducidas en Canarias en años más o menos recientes.

- *Frankliniella occidentalis* (Pergandier) (Thysanoptera, Thripidae), es un trips originario del oeste de Estados Unidos. Se introdujo en Canarias en 1987. Este insecto transmite el TSWV (virus del bronceado del tomate) que se detectó en Gran Canaria en 1989 en tomates, pimientos y lechugas.

- *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera, Agromyzidae), es un minador originario de América del Sur. Se detectó en Canarias en 1994 sobre crisantemos y lechugas.

- *Phyllocnistis citrella* Staiton (Lepidoptera, Gracillariidae), conocido como minador de los cítricos (Fig. 1), llegó a Canarias en el verano de 1995 (Vercher *et al.*, 2000).



Fig. 1. Hoja de cítrico atacada por *Phyllocnistis citrella*. Los adultos de este lepidóptero son unas pequeñas mariposas de unos 4 mm de longitud, pero los daños en los cultivos los producen sus larvas que penetran en sus hojas y realizan galerías dentro de ellas.



Fig. 2. *Cosmopolites sordidus* es un escarabajo de 8-12 mm de largo de color uniformemente negro, que se ha extendido por todo el globo como plaga de las plataneras. Las galerías que excavan las larvas recorren el rizoma y el pseudotallo dañan los tejidos próximos a las raíces laterales, interrumpiendo el flujo de savia.

- *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera, Dryophthoridae), conocido como ‘picudo negro de la platanera’ (Fig. 2), fue citado en Canarias hacia 1959-60. Al parecer fue erradicado en aquel momento pero a partir de los años 80 se convirtió en una plaga importante en las plataneras de Canarias, sobre todo en Tenerife, La Gomera y La Palma.

- *Diocalandra frumenti* (Fabricius) (Coleoptera, Curculionidae), detectado en marzo de 1998 en ejemplares de palmera canaria en Maspalomas (González Núñez *et al.*, 2002).

- *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Coleoptera, Dryophthoridae), es un escarabajo conocido como ‘picudo rojo de las palmeras’ (Fig. 3), detectado por primera vez en 2005 en Fuerteventura y Gran Canaria. Su introducción con palmeras importadas supone un gran riesgo para la palmera canaria.

- *Tecia solanivora* Povolny (Lepidoptera, Gelechiidae), es una de las polillas de la papa (‘polilla guatemalteca’). Se detectó en Canarias, al norte de Tenerife, en 1999 y causa estragos en el sector de las papas de color de las islas (Fig. 4).



Fig. 3. Palmera canaria atacada por picudo rojo (*Rhynchophorus ferrugineus*) en Madeira. El picudo rojo es un coleóptero de gran tamaño (2-5 cm) de color rojizo ferruginoso, cuya larva perfora galerías de más de un metro de longitud en los troncos de las palmeras, produciendo marchitamiento e incluso la muerte.

- *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera, Gelechiidae), se detectó a principios de 2009 en Canarias, convirtiéndose en una grave amenaza para el cultivo del tomate (Santos & Perera, 2010).

- *Trioza erytreae* (Del Guercio) (Homoptera, Psyllidae), todo indica que llegó a Canarias procedente de Madeira. En el año 2002 se detectó en Tenerife, La Gomera, La Palma y El Hierro. Es una plaga grave de los cítricos, y su peligrosidad aumenta al ser un insecto vector de un patógeno

(*Candidatus liberibacter*) que causa una enfermedad de los cítricos denominada ‘Huanglongbing’ o ‘Citrus greening’, para la cual no hay tratamiento. Afortunadamente, este patógeno aún no se ha detectado en el archipiélago, pero ya tenemos a su insecto vector instalado en las islas (Fig. 5).

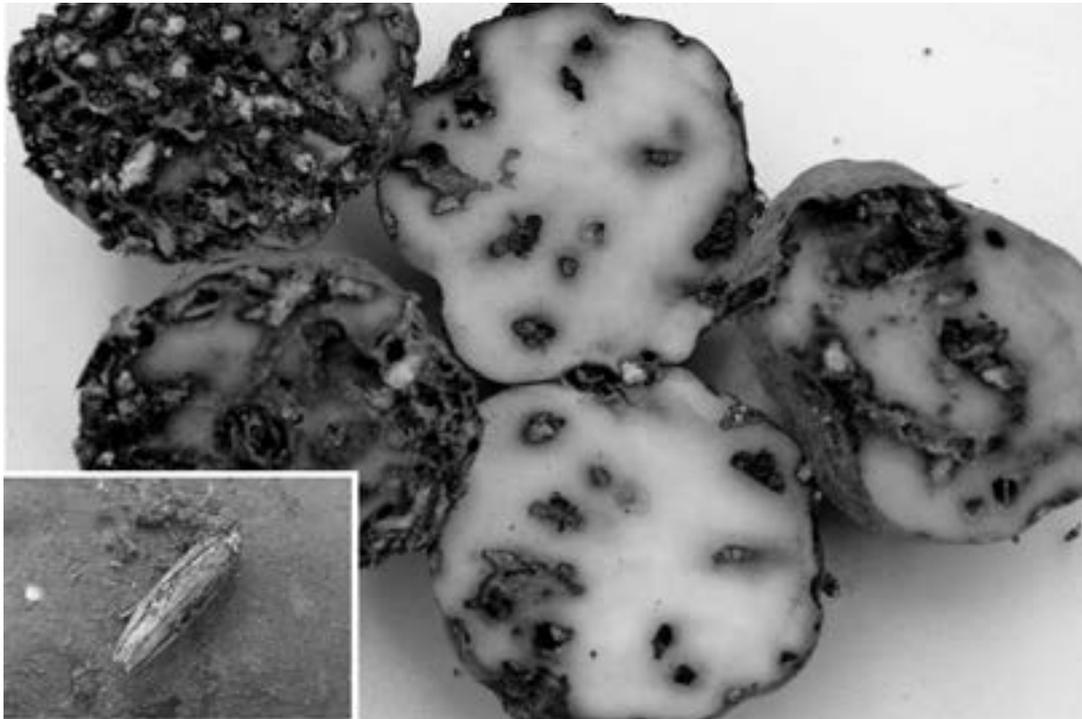


Fig. 4. La polilla guatemalteca *Tecia solanivora* (adulto en el recuadro inferior) causa graves daños en las papas, ya que las larvas penetran y se desarrollan en el interior de los tubérculos.

Esta lista es mucho más extensa, y no hemos incluido a los virus, hongos, fitoplasmas, bacterias y nematodos, pero es suficiente para hacernos una idea de lo que significa un control fitopatológico ineficiente en frontera (puertos y aeropuertos). Los recursos materiales y humanos que en Canarias son dedicados por el estado español a esta tarea son claramente insuficientes (en los últimos años ha sido frecuente ver en los medios de comunicación a representantes de distintos sectores reclamando la instalación de un escaner en el puerto de Santa Cruz de Tenerife para mejorar la inspección de los contenedores de mercancías). Las autoridades correspondientes deben valorar el coste que supone este tipo de inversiones frente a las elevadas pérdidas que origina el no realizarlas. En mi opinión, la respuesta es muy clara. Solo con las pérdidas que ha ocasionado una sola de estas plagas introducidas, por ejemplo las de la polilla guatemalteca en los cultivos de papas, se hubiesen financiado muchos escáneres de este tipo.

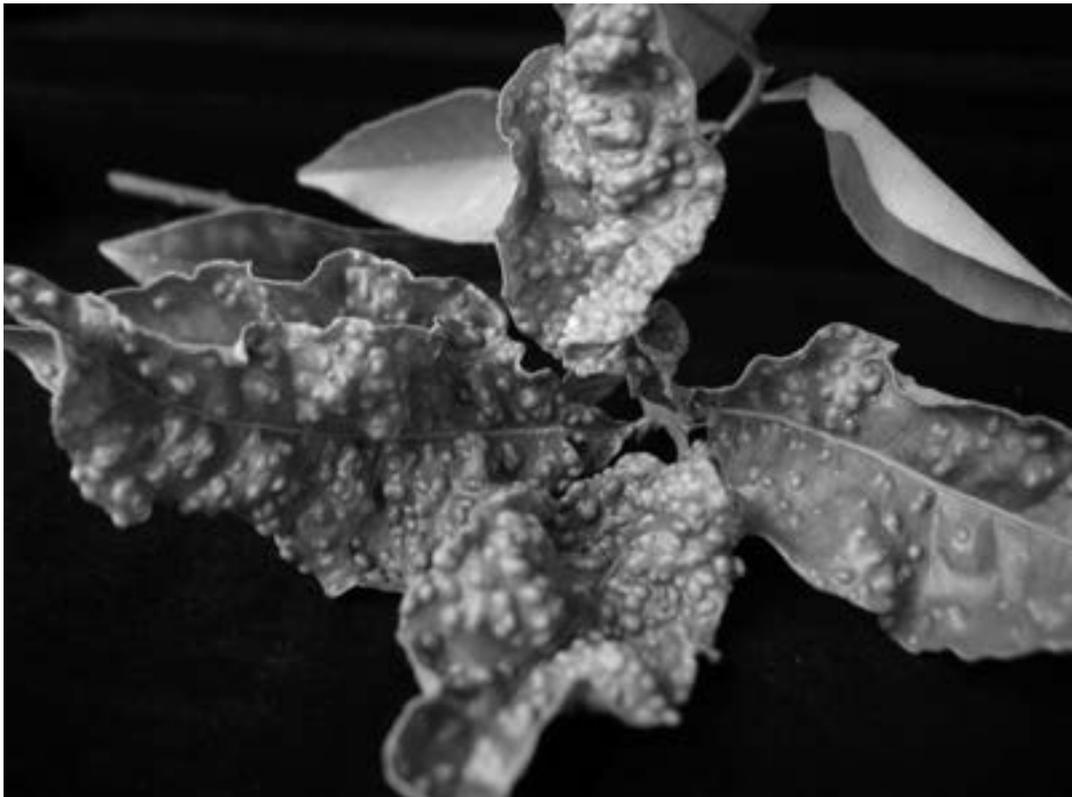


Fig. 5. Las hojas de cítricos atacadas por *Trioza erythrae* presentan agallas provocadas por las ninfas que hace que las hojas tomen un aspecto retorcido. Los adultos tienen aspecto de pulgón y son muy frágiles.

A pesar de que se han introducido ya muchas, existen otras muchas plagas y enfermedades que aún no han arribado a estas islas. Es necesario mantener una estricta vigilancia en la importación de materiales vegetales, bien sea los destinados a los mercados insulares, como aquellos que pueden traer los viajeros en sus maletas cuando regresan de viajes a otras zonas o países.

Por citar algunas plagas conocidas por la mayoría de los agricultores, al menos de oídas, podemos comentar la filoxera de la vid (*Viteus vitifoliae* Fitch.; Homoptera, Phylloxeridae) (Fig. 6) y el escarabajo de la papa (*Leptinotarsa decemlineata* Say; Coleoptera, Chrysomelidae) (Fig. 7), ausentes hasta la fecha de nuestras islas. Con respecto al escarabajo de la papa o dorífora, ya en 1946 el entomólogo José María Fernández, en un artículo publicado en la revista *Graellsia*, acerca de ‘los escarabajos viajeros’, y más concretamente de la dispersión en España de esta plaga, a la que él llamaba ‘gángster patatero’ escribía:

“Y pare usted de contar, pues ni se nos ocurre hacerle una descripción de estas Islas Afortunadas, con sus varias cosechas anuales de ‘*Solanum tuberosum* L.’, estamos viendo a la Dorífora procurando entrar de contrabando en alguna motora de la

Transmediterránea, o, para llegar más pronto, colarse de ‘estraperlo’ en un avión de Iberia, descendiendo en Los Rodeos para empezar sus correrías por los patatares más próximos” (Fernández, 1946).

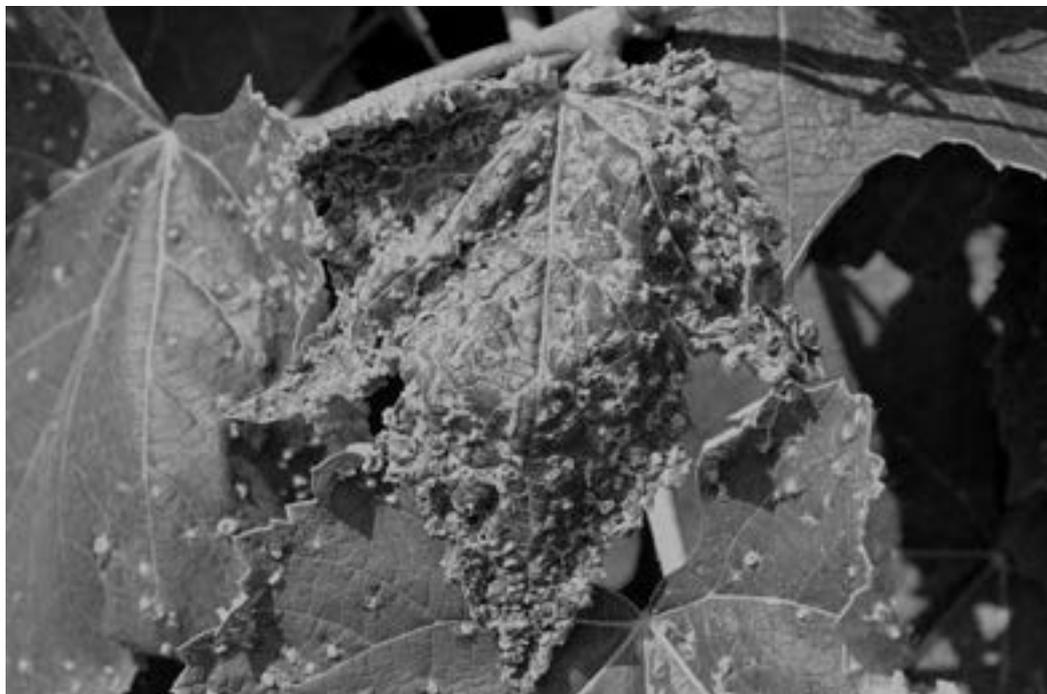


Fig. 6. La filoxera de la vid ataca a las raíces provocando la destrucción de las cepas europeas. En las variedades americanas el síntoma más llamativo es la formación de agallas que causan distorsión y necrosis en las hojas y defoliación prematura. Se trata de una plaga ampliamente extendida que afortunadamente está ausente en Canarias.

Y algunas otras menos conocidas como *Bactrocera invadens* (Drew *et al.*; Diptera, Tephritidae), una de las numerosas especies que en conjunto se denominan ‘mosca de la fruta’ (Fig. 8). Esta última especie requiere unos comentarios adicionales, puesto que su potencial dañino es especialmente relevante para nosotros.

Este insecto se introdujo en Kenia por el año 2000, al parecer proveniente de Sri Lanka. En tan solo diez años se ha extendido por toda la región subsahariana llegando hasta Sudáfrica y por el oeste hasta Senegal, Cabo Verde y Mauritania. Se trata de una plaga cuyo hospedero principal son los mangos, donde está produciendo pérdidas en torno al 50% de las cosechas en estos países africanos. Pero además, este insecto es capaz de atacar a numerosas especies de frutales, incluyendo un cultivo muy especial para Canarias como es el plátano. En Cabo Verde se pueden observar como las plantaciones de plátano resultan atacadas por esta mosca, que deposita sus huevos en los plátanos aún cuando están verdes. El resultado es que las piñas afectadas resultan destruidas y pierden todo su valor comercial. Cabe

imaginar los perjuicios que podría causar en Canarias solo sobre este cultivo.



Fig. 7. Escarabajo de la papa o dorífora, *Leptinotarsa decemlineata* (adulto arriba y larva abajo) es un crisomélido de unos 10 mm de largo y de amplia distribución mundial. Es una plaga asociada a los cultivos y lugares de almacenamiento de los tubérculos, que hasta el presente está ausente en Canarias.

La European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) ha hecho un análisis de riesgo de la posible dispersión de este insecto, y los archipiélagos macaronésicos están en la zona en la que potencialmente puede dispersarse y adaptarse. También entra en esa zona de dispersión y establecimiento potencial casi toda la cuenca mediterránea, por lo que está declarada como plaga cuarentenaria. Un mango infectado con *Bactrocera invadens* que llegue a Canarias en una maleta podría ser la vía de entrada de esta plaga en nuestro archipiélago. Si las larvas viajan en su interior, consiguen desarrollarse y emergen los adultos, podrían infectar frutos que se encuentren en las proximidades. Cuando detectemos la presencia de la plaga, ya será prácticamente imposible erradicarla. No se trata de una suposición arriesgada; la introducción de *Tecia solanivora* en Tenerife fue de forma similar. Por este motivo muchos países imponen severas restricciones a la entrada de productos vegetales en los equipajes de los viajeros

La presencia de este insecto en Canarias haría que las frutas (incluido el plátano) quedaran reguladas por las normas de cuarentena y su exportación a Europa sería muy difícil, o incluso totalmente imposible. Por lo tanto, la medida más elemental, a la vez que la más eficaz y barata, en la lucha contra las plagas y que debemos adoptar en primer lugar es la prevención, el control fitopatológico en fronteras, tanto de mercancías como de pasajeros.

Aunque tengamos un agroecosistema en equilibrio, diversificado, con un control natural de las poblaciones de insectos presentes en ese cultivo, la entrada de una nueva plaga puede suponer un desequilibrio tan grande que ese agroecosistema deje de estar regulado y las plagas se desarrollen hasta niveles intolerables, haciendo inútiles todos los esfuerzos por llegar a una agricultura sostenible y respetuosa con el medio ambiente, a la vez que rentable, y que permita cubrir las necesidades de una población cada vez mas numerosa.

Como resumen de esta conferencia podemos señalar:

- El control biológico ‘clásico’ se inició en 1888 en California con tanto éxito que marcó un hito histórico en el control de plagas agrícolas.

- El desarrollo de insecticidas químicos en la década de 1940, fáciles de producir y aplicar, con una eficacia aparentemente alta para el control de plagas, hizo que el control biológico quedara relegado a un segundo plano.

- Los problemas de resistencia, medioambientales y de salud humana hicieron que se replanteara el uso de estos productos químicos. Cada vez se retiran más del mercado y se autorizan menos. Por lo tanto, es imperativa la búsqueda de nuevos métodos de control.

- Dentro de estos métodos, el control biológico se ve como una pieza fundamental del nuevo concepto de agroecosistema.

- El concepto de plaga agrícola se entiende cada vez más como un desequilibrio del ecosistema particular que es la explotación agrícola. Para realizar un buen control de plagas (y enfermedades) sin fitosanitarios tenemos que conocer el cultivo y las relaciones que se establecen entre el cultivo, las variables abióticas y bióticas. Tenemos que ver al cultivo como un ecosistema particular, donde el control de plagas debe hacerse con métodos ecológicos.



Fig. 8. *Bactrocera invadens* es una de las numerosas especies conocidas como 'mosca de la fruta' (recuadro inferior) y con un elevado potencial dañino para los cultivos canarios. Es una plaga principalmente de los mangos, pero este insecto es capaz de atacar a numerosas especies de frutales, incluyendo los plátanos. Las moscas depositan sus huevos en los plátanos cuando están verdes. Su introducción en Canarias impediría la comercialización en el exterior de estas frutas y supondría una catástrofe para la agricultura canaria.

A pesar de este viaje de ida y vuelta, no estamos como al principio. Hemos adquirido muchos conocimientos que nos permiten incorporar nuevas herramientas que ayuden a que ese control biológico/ecológico sea más eficaz. No obstante, todas las consideraciones anteriores serán muy difíciles de desarrollar si no se establece un eficaz sistema de prevención. El control fitopatológico en fronteras es fundamental para evitar que entren plagas en una región, y por lo tanto, es la primera medida que debemos adoptar. Por lo tanto, sean ustedes felices, disfruten de sus viajes y vacaciones, pero no traigan mangos (ni cualquier otro material vegetal) en

sus maletas cuando regresen a Canarias, ni cuando vayan desde Canarias a otras regiones, puesto que junto con la alegría de viajar, pueden estar transportando un grave enemigo de los cultivos en sus maletas, además de arriesgarse a sufrir severas multas dependiendo del país que visiten.

Bibliografía

- BLUÜMEL, S., G.A. MATTHEWS, A. GRINSTEIN & Y. ELAD (2002). Pesticides in ipm: selectivity, side-effects, application and resistance problems. In: *Integrated Pest and Disease Management in Greenhouse Crops*: Vol. 14: *Developments in Plant Pathology*. Kluwer Academic Publishers, New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow.
- DELFOSE, E.S. (2005). Risk and ethics in biological control. *Biological Control* 35: 319-329.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.M. (1946). Coleópteros viajeros. *Graellsia (Madrid)* 4: 73-77.
- FRANK, S.D. (2010). Biological control of arthropod pests using banker plant systems: Past progress and future directions. *Biological Control* 52: 8-16.
- GEORGHIOU, G.P. (1990). Overview of insecticide resistance. In: M.B. Green, H.M. LeBaron & W.K. Moberg (eds.), *Managing resistance to agrochemical from fundamental research to practical strategies*. pp 18-41. American Chemical Society Series. 421, Washington
- GIMÉNEZ, C., R. CABRERA, M. REINA & A. GONZÁLEZ-COLOMA (2007). Fungal endophytes and their role in plant protection. *Current Organic Chemistry* 11: 707-720.
- GOHOLE, L.S, W.A. OVERHOLT, Z.R. KHAN, J.A. PICKETT & L.E.M. VET (2003). Effects of molasses grass, *Melinis minutiflora* volatiles on the foraging behavior of the cereal stemborer parasitoid, *Cotesia sesamiae*. *Journal of Chemical Ecology* 29: 731-745.
- GONZÁLEZ NÚÑEZ, M., A. JIMÉNEZ ÁLVAREZ, F. SALOMONE, A. CARNERO, P. DEL ESTAL (2002). *Diocalandra frumenti* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionidae), nueva plaga de palmeras introducida en Gran Canaria. Primeros estudios de su biología y cría en laboratorio. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 28: 347-355.
- HASSANALI, A., H. HERREN, Z.R. KHAN, J.A. PICKETT & C.M. WOODCOCK (2008). Integrated pest management: the push-pull approach for other agricultural systems including animal husbandry controlling insect pests and weeds of cereals, and its potential. *Phil. Trans. R. Soc. B*: 363: 611-621.
- HODDLE, M.S. (2002). Classical Biological Control of Arthropods in the 21st Century. In: Van Driesche, R.G. (ed.). *Proceedings of the First*

- International Symposium on Biological Control of Arthropods*, Honolulu, HI, USA, January 14-18, 2002. USDA Forest Service, Morgantown, WVA, USA.
- KHAN, Z.R., A. HASSANALI, T.M. KHAMIS, J.A. PICKETT & L.J. WADHAMS (2001). Mechanisms of *Striga hermonthica* suppression by *Desmodium* spp. *Proceedings of the BCPC Conference – Weeds 2001, Brighton, UK, 12-15 November*. pp. 895-900.
- KHAN, Z.R., C.A.O. MIDEGA, D.M. AMUDAVI, A. HASSANALI & J.A. PICKETT. (2008). On-farm evaluation of the ‘push–pull’ technology for the control of stemborers and striga weed on maize in western Kenya. *Field Crops Research* 106: 224-233.
- KHAN, Z.R. & J.A. PICKETT (2004). The ‘push-pull’ strategy for stemborer management: a case study in exploiting biodiversity and chemical ecology. In: Gurr, G., S. Wratten & M. Altieri (eds.), *Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods*, pp. 155-164. CSIRO Publishing, Australia.
- KHAN, Z.R., J.A. PICKETT, L. WADHAMS & F. MUYEKHO (2001). Habitat management strategies for the control of cereal stemborers and striga in maize in Kenya. *Insect Science and its application* 21: 375-380.
- KIMANI, S.M., S.C. CHHABRA, W. LWANDE, Z.R. KHAN, A. HASSANALI & J.A. PICKETT (2000). Airborne volatiles from *Melinis minutiflora* P. Beauv., a non-host plant of the spotted stem borer. *Journal of Essential Oil Research* 12: 221-224.
- KNECHTA, R.J., M.S. ENGELB & J.S. BENNERA (2011). Late Carboniferous paleoichnology reveals the oldest full-body impression of a flying insect. *PNAS* 108(16): 6515-6519.
- LEACH, A.W. & J.D. MUMFORD (2008). Pesticide environmental accounting: A method for assessing the external costs of individual pesticide applications. *Environmental Pollution* 151: 139-147.
- LEACH, A.W. & J.D. MUMFORD (2011). Pesticide environmental accounting: A decision-making tool estimating external costs of pesticides. *Journal of Consumer Protection and Food Safety* 6: 21-26.
- LOZAN, A., I. MICHAEL, T. MONAGHAN, K. SPITZER, J. JAROŠ, M. ŽUROVCOVÁ & V. BROŽ (2008). DNA-based confirmation that the parasitic wasp *Cotesia glomerata* (Braconidae, Hymenoptera) is a new threat to endemic butterflies of the Canary Islands. *Conservation Genetics* 9: 1431-1437.
- MATHEWS, C.R., D.G. BOTTRELL & M.W. BROWN (2004). Habitat manipulation of the apple orchard floor to increase ground-dwelling predators and predation of *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae). *Biological Control* 30: 265-273.

- MEN, X.Y, G. FENG, E.N. YARDIM & M.N. PARAJULEE (2004). Evaluation of winter wheat as a potential relay crop for enhancing biological control of cotton aphids in seedling cotton. *BioControl* 49: 701-714.
- MILLS, N.J. & J.M. KEAN (2010). Behavioural studies, molecular approaches, and modeling: Methodological contributions to biological control success. *Biological Control* 52: 255-262.
- MUMFORD, J.D. & G.A. NORTON (1984). Economics of decision making in pest management. *Annual Review of Entomology* 29: 157-174.
- NGUMBI, N., A.J. NGI-SONG, E.N.M. NJAGI, R. TORTO, L.J. WADHAMS, M.A. BIRKETT, J.A. PICKETT, W.A. OVERHOLT & B. TORTO (2005). Responses of the stem borer larval endoparasitoid *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) to plant derived synomones: laboratory and field cage experiments. *Biocontrol Science and Technology* 15: 271-279.
- PIMENTEL, D. (1985). Pests and their control. In Mandava, N.B. (ed.), *CRC handbook of natural pesticides, 1. methods*. CRC Press. Boca Raton, (USA).
- SANTOS, B. & S. PERERA (2010). Medidas de control de la polilla del tomate (*Tuta absoluta*). *Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural del Cabildo Insular de Tenerife. Serie: Divulgación Técnica*.
- SMITH, H.S. (1919). On some phases of insect control by the biological method. *Journal of Economic Entomology* 12: 288-292.
- VERCHER, R., F. GARCÍA MARÍ, J. COSTA COMELLES, C. MARZAL & C. GRANDA (2000). Importación y establecimiento de parásitos del minador de hojas de cítricos *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 26: 577-591.
- ZUMBADO, M., M. GOETHALS, E.E. ÁLVAREZ, O.P. LUZARDO, L. SERRA, F. CABRERA & L. DOMÍNGUEZ-BOADA (2004). Exposición inadvertida a plaguicidas organoclorados (DDT y DDE) en la población de las Islas Canarias. *Ecosistemas* 13: 51-58.

4. Recuerdos del futuro: la experiencia vernácula y la sostenibilidad

Fernando Sabaté Bel

*Departamento de Geografía y Centro de Estudios
Ecosociales de la Universidad de La Laguna
(fsabate@ull.es)*

Quienes han recibido una educación suelen ser los privilegiados y suelen participar en el sistema de adoctrinamiento, por lo que, de manera natural, tienden a interiorizarlo y creérselo. En consecuencia, no es algo anormal, y no sólo ocurre en los Estados Unidos, el que uno se encuentre con un grado mucho mayor de sofisticación entre la gente que conoce el mundo a partir de su propia experiencia que entre quienes lo conocen a partir del marco doctrinal al que están expuestos. Un marco doctrinal que se espera que propaguen como parte de sus obligaciones profesionales.

Noam Chomsky (1994): Crónicas de la discrepancia.

A modo de introducción: una crisis local afrontada y resuelta con enfoque vernáculo

En el último tercio del siglo XIX, los vecinos de San Bartolomé y otros pueblos del centro-norte de Lanzarote vieron como una catástrofe se cernía sobre su modo de vida. La población de la isla, como la del conjunto de Canarias, estaba empezando a crecer con rapidez: entre otros factores causantes, comenzaba a disminuir la mortalidad (sobre todo la producida por epidemias) gracias a incipientes mejoras en las condiciones higiénico-sanitarias, mientras la natalidad se mantenía aún muy alta, dado que los hijos y las hijas nutrían la fuerza de trabajo indispensable para el sostenimiento familiar, basado en la agricultura y la pesca. El crecimiento

demográfico significó, de inmediato, un aumento de la presión sobre los recursos naturales que, en ese periodo histórico (y en todos los anteriores) no podían venir, en su mayor parte, más que del entorno inmediato. Era el caso de la leña, fuente de energía indispensable para cocinar a diario los alimentos, y también para algunas pequeñas industrias artesanas, como los hornos de cal. Debido a las condiciones áridas de Lanzarote, toda la leña procedía del matorral xerófilo que constituye su vegetación potencial o de sustitución: los tallos secos de ahulaga eran el combustible fundamental.

En la playa de Famara (Fig. 1), al noroeste insular, y en otras caletas que se encuentran en el amplio entrante que conforma la bahía de Penedo y sus inmediaciones, los ahulagares y otras especies costeras retenían la arena aportada por el mar (Fig. 2). Esta arena se conoce en las Canarias Orientales con el nombre popular de *jable*. Su color blanquecino se debe a su origen orgánico, restos de conchas de moluscos y otros organismos marinos con caparazón de carbonato cálcico. Acumuladas en la orilla por corrientes y mareas, los rayos del sol las secan en la bajamar, y el viento alisio las impulsa hacia el interior, donde forman pequeñas dunas tras la playa, conocidas localmente como *médanos* (expresión castellana en desuso, pero que significa justamente eso, pequeños montículos naturales de arena). Los médanos se mantenían entonces en la trasplaya, inmobilizados por el matorral costero, gracias a que las plantas, además de retener el *jable*



Fig. 1. Playa de Famara, en Lanzarote, una de las zonas por las que entran los jables (fotografía del autor).



Fig. 2. La vegetación costera retenía la arena antes del último tercio del siglo XIX (fotografía del autor).

mediante sus amplias y extensas raíces –resultado de su adaptación al clima desértico–, van creciendo en altura a un ritmo acompasado al de la aportación de arena, manteniendo con eficacia el efecto de barrera. Pero al aumentar el corte y la extracción de leña, desapareció este efecto, y los jables retenidos se pusieron en movimiento. Hacia el interior, en dirección sur, se desarrolla una vaguada natural comprendida entre la elevación del macizo antiguo de Famara, al noreste, y el campo de volcanes de Timanfaya, más al oeste; conformando en el sector de San Bartolomé una de las principales vegas agrícolas de la isla. Por este pasillo orográfico (Fig. 3) se cuele el viento alisio acelerado, y las tierras de sembradura empezaron a quedar recubiertas por un manto creciente de arena clara (aunque oscurecida a lo largo de su marcha isla adentro, a medida que se mezcla con fragmentos de los materiales volcánicos). La agricultura, base económica del vecindario, se estaba viendo socavada. ¿Cómo resolver esta grave situación?

Según detalló en su crónica el cura de San Bartolomé, uno de los pocos habitantes de la localidad capaz de dejar un testimonio escrito en aquellos años¹, la primera respuesta de los paisanos fue construir muros tratando de

¹ A pesar de su interés, el diario del párroco de San Bartolomé no es tan conocido como el del cura de Yaiza, quien legó a la posteridad el relato principal de las erupciones padecidas un siglo y medio antes en Lanzarote.

interrumpir el avance de la arena. Este tipo de respuesta, basada en una oposición frontal a la fuerza de la Naturaleza, fracasó por completo; sólo dejó algún topónimo aún vigente en la zona, como el de la *pared de la Reina*: recuerdo de un muro pétreo luego eliminado, y que tal vez contó para su construcción con algún subsidio estatal en tiempos de la monarquía de Isabel II. La arena debió acumularse al pie de todas las paredes que se le interpusieron, acumulándose y ganando altura hasta desbordarlas, para seguir luego su curso anegando los campos de cultivo².



Fig. 3. Imagen de satélite de Lanzarote, donde se observa el corredor de jable que atraviesa la isla de norte a sur (fotografía de la NASA).

En algún momento, la población campesina de la zona ingenió un método alternativo, mucho más sutil y *aerodinámico*: en lugar de

² El método de frenar el avance de la arena, interponiendo obstáculos físicos como muros de piedra, tapias de madera y otros, es conocido y ha sido ensayado con éxito desigual en distintos lugares del Planeta. Es el caso de los bordes norte y sur del gran desierto del Sahara, o incluso de algunos lugares de la península Ibérica, como la localidad alicantina de Guardamar del Segura, donde en un periodo parecido al de Lanzarote el avance de las dunas litorales amenazaba con sepultar esta localidad de tres mil habitantes; en este caso, bajo la dirección del ingeniero Francisco Mira i Botella, se logró fijar las dunas combinando empalizadas de tablas con la plantación de especies arbóreas.

empeñarse en detener la arena aprendieron a retener su paso con suavidad durante unos pocos meses, plantando un bardo vegetal de altura escasa pero suficiente para resguardar cultivos estacionales cortos y que pueden crecer a ras de suelo, protegidos de este modo del ametrallamiento constante de los granos de jable. Tras cosechar productos como batatas, tomates rastreros o cucurbitáceas (calabazas, melones, sandías), el seto natural –casi siempre una hilera apretada de cereal resistente como la cebada (Fig. 4)– se recoge, y la montañita de arena acumulada a su pie vuelve a ser esparcida por el viento prosiguiendo su recorrido hasta la otra orilla insular, en el sector comprendido entre Arrecife y La Tiñosa, donde el jable se adentra en la mar (*se embarca*, dicen todavía los más viejos).



Fig. 4. Detalle del seto de cereal que protege los cultivos del golpeteo de los granos de jable (fotografía del autor).

Azuzada por la necesidad, la gente de los pueblos lindantes con el *río de jable*, como San Bartolomé, Tiagua, Muñique o Sóo, constataron también –a fuerza de probar, equivocarse y corregir– que este material aporta algunas importantes ventajas suplementarias para el cultivo, al desempeñarse como un formidable colchón higrométrico (Fig. 5): las lluvias invernales, por escasas que sean, se infiltran y ayudan a empapar aunque sea un poco el viejo suelo terrígeno que quedó sepultado bajo la arena orgánica; pero la ascensión vertical de la humedad resulta mucho más

difícil, siempre que el colchón de arena sea arado con fundamento, rompiendo los poros capilares que disipan la humedad, quedando preservada la saturación acuosa que hace posible la germinación de los cultivos. El resultado es la obtención de tubérculos ricos en hidratos de carbono así como hortalizas frescas, que a pesar de sus exigencias agrológicas en humedad se logran producir en condiciones desérticas, sin aportar ningún riego adicional.

Por más que esta práctica se encuentre hoy en decadencia, conviene no olvidar que, en su esfuerzo por la supervivencia, aquellas personas campesinas inventaron en el siglo XIX una de las fórmulas más originales de la agricultura mundial: una de éstas que se basan en la armonización local del trabajo humano con los procesos y las energías del resto de la Naturaleza. Demostraron una capacidad creativa que hizo posible resolver aquella grave crisis ecológica y social que, a su escala minúscula, nos permite evocar algunos rasgos de las crisis ecosociales que padece hoy la humanidad en su conjunto. Y lo hicieron basándose en el conocimiento profundo y la identificación adecuada de los recursos de su entorno inmediato, esto es, *arraigándose* en su propia y bien conocida realidad: *pensando y actuando a la manera vernácula*.



Fig. 5. Paisaje del original sistema agrario en el corredor del jable de Lanzarote (fotografía del autor).

Un paréntesis para definir conceptos

El uso de la expresión 'tradicional' se encuentra ampliamente extendido para referirse, en general, a 'lo antiguo', 'lo de antes', 'lo que siempre se ha hecho', 'lo que es costumbre'... Pero este tipo de carga semántica a menudo induce a confusión. En primer lugar, porque 'lo de antes' no fue siempre igual: el pasado, como el presente, siempre ha sido dinámico. Podemos reconocer que la fase histórica en la que nos encontramos resulta mucho más dinámica aún: los cambios son cada vez más veloces, las modas y sus productos mucho más fugaces. Pero si tendemos a pensar que frente a eso antes existía un mundo de quietud absoluta, andamos equivocados. Pensemos en lo sucedido en Lanzarote hacia 1880, sin ir más lejos. Muchísimos otros ejemplos de prácticas, objetos materiales, y hasta expresiones artísticas populares que hoy podemos considerar tradicionales³, lo que testimonian más bien es un tiempo pasado de cambios, con frecuencia no poco turbulentos.

Un candil de latón fabricado de manera artesana nos indica cómo a partir de finales del siglo XIX se extendían por el archipiélago cientos de nuevos objetos derivados de la Revolución Industrial: entre ellos, todos los envases de un material novedoso como la hojalata. En una sociedad que se desenvolvía en parámetros de escasez (muy superior a la actual), la cual potenciaba una racionalidad de máximo aprovechamiento de los recursos, surgió un nuevo oficio, la hojalatería o latonería: alguien con habilidad artesana tuvo la ocurrencia de desmontar esos envases de latón, una vez agotado su contenido (y probablemente, después de haberse reutilizado para transportar o guardar otras cosas); esta persona identificó el carácter dúctil (y, a la vez, ignífugo, impermeable, etc.) para crear nuevos objetos útiles, como el candil de nuestro ejemplo. Pero la manera artesana de desarrollar ese trabajo, adaptada a condiciones y demandas locales, permite que la

³ A modo de ejemplo: el etnógrafo Manuel Lorenzo Perera, que empezó a recurrir de forma sistemática a la información y la tradición oral en Canarias mucho antes que la mayoría de los actuales investigadores, documentó hace años en algunos pueblos de Tenerife cómo en el anterior cambio de siglo (del XIX al XX) estaban entrando en las parrandas y en eso que hoy llamamos el 'folklore' unos nuevos instrumentos de cuerda: guitarras, bandurrias, laúdes, timple, y otros como violines o –sin ser de cuerda– acordeones. Esos instrumentos, aunque de origen europeo en la mayor parte de los casos, llegaron a la cultura popular canaria por la puerta procedente del continente americano. Lo más interesante y, a la vez, paradójico, tal como lo documentó Lorenzo Perera, fue el rechazo que provocaba esa intrusión de instrumentos 'forasteros' en unos géneros musicales que descansaban, sobre todo y hasta entonces, en la flauta y el tambor. Al parecer, a algunos viejos les disgustaban esas novedades, y fueron los jóvenes –y seguramente los indios retornados de Cuba y otras partes de América– los que impusieron con la práctica los nuevos modos musicales. Se pueden documentar muchos otros ejemplos semejantes.

podamos considerar una actividad *vernácula*, en el sentido que vamos a definir enseguida.

Otro problema que presenta la palabra 'tradicional' es que se emplea para denominar algunas prácticas culturales indudablemente *modernas* (en la medida en que forman parte del proceso de modernización industrial de la sociedad, tal como lo definió la Sociología), pero que llevan ya mucho tiempo arraigadas entre nosotros; lo cual puede generar grandes confusiones: en el cercano futuro, para cualquier criatura nacida en estos años, un teléfono móvil (que tal vez su madre usa de manera esporádica mientras lo amamanta) 'siempre estuvo ahí'. Forma parte de su paisaje y su 'tradicional' personal. Lo mismo que pueden serlo para los que nacimos antes –en cada caso dependiendo de nuestra edad, contexto geográfico y del grupo social al que estamos adscritos– tantos otros objetos de la vida cotidiana: desde el asfalto de las calles hasta la taza del inodoro.

Otro término, mucho menos utilizado en el lenguaje cotidiano pero que puede resultar útil para lo que aquí se persigue, es el de 'vernáculo'. El *Diccionario de la Lengua Española* de la Real Academia lo define así:

vernáculo, la. (Del lat. *vernaculus*.) adj. Doméstico, nativo, de nuestra casa o país. Dícese especialmente del idioma o lengua.

El ejemplo señalado es la forma en que se emplea con más frecuencia este adjetivo: la 'lengua vernácula' es aquella que se habla en un determinado país y es propia de él. Como todas las lenguas, es un producto vivo, dinámico, que se enriquece con palabras y expresiones de otras lenguas y lugares, o con invenciones surgidas de la creación local. Puede ser, de hecho, una lengua venida por entero de otra parte, pero que ha sufrido adaptaciones y mutaciones en su nuevo lugar de asiento, hasta convertirse en algo diferente del original. Presenta, como resultado, la peculiaridad de ser algo propio y particular de ese sitio; es como si hubiera 'echado raíces', y algunas flores y hojas distintas, aunque las diferencias al principio fueran casi inapreciables.

Lo de 'echar raíces', aunque no es más que una metáfora, puede venir bien para acabar de comprender el concepto. Volviendo al latonero de antes: seguro que en muchos lugares aparecieron personas que dieron nueva forma a la hojalata de los envases reutilizados. Pero en cada uno de ellos, las personas artesanas fabricaron objetos relacionados con la demanda local, con su experiencia colectiva –muy relacionada, por ejemplo, con la tradición artística y geométrica que existe en cada lugar– y, por último, también con la creatividad personal de quien fabrica la pieza (aunque parcialmente limitada por las dos anteriores). En un sitio donde llueve menos, puede ser prioritario fabricar regaderas; donde hay familias con capacidad adquisitiva suficiente tal vez se construyan juguetes para los

niños, pues sus mayores pueden adquirirlos en el mercado. Esos mismos objetos locales de hojalata, a su vez, pueden cambiar según se van transformando las condiciones económicas, sociales y culturales del entorno.

El término vernáculo no siempre obedece a lo que resulta muy antiguo, o lleva mucho tiempo, o ha sido fabricado de forma local y artesana (aunque puede reunir en muchos casos todas esas características). Lo más importante es su manera de insertarse en el contexto local: la manera de 'echar raíces' a la que antes hice referencia. Puede llegar a ser vernáculo, incluso, un objeto industrial que está ya tan incorporado en un lugar que se puede considerar parte de su cultura vernácula.

Lo intentaré aclarar con otro ejemplo de Canarias: las tejas planas (a menudo llamadas entre nosotros tejas 'inglesas', a pesar de que venían en su mayor parte de la región francesa de Marsella) son otro producto típico de la Revolución Industrial. La extensión de métodos industriales de producción, y también de transporte, permitió abaratar el coste de un objeto –las tejas de arcilla– que con anterioridad se fabricaban localmente de manera muy laboriosa. De este modo, las nuevas tejas planas fueron cubriendo la demanda de amplios territorios, a menudo muy lejos de su lugar de fabricación. Como todo producto industrial, son objetos homogéneos y regulares; en este caso, encajan entre sí a la perfección y, al haberse cocido en hornos de alta temperatura, resultan resistentes y duraderas. El hecho de que desde las primeras décadas del siglo XX se distribuyeran por buena parte del Archipiélago, alcanzando a veces lugares recónditos, resulta un buen indicador del nivel de conexiones exteriores de Canarias; y, sobre todo, de que en muchos de estos lugares debía haber una base económica que permitía sostener tales intercambios con el exterior. Las tejas 'inglesas' reemplazaron en muchos sitios al modelo anterior de tejas curvas de manufactura artesana y local, o cubrieron nuevos techos fabricados desde entonces. Pero, y esto es lo importante, lo hicieron siguiendo pautas constructivas semejantes a las que ya existían. Esto es, no dieron lugar a un modo distinto de fabricar cubiertas; simplemente se incorporaron como un elemento nuevo y útil a un conjunto, la arquitectura 'vernácula', adaptada a las particularidades locales, que ya existía con anterioridad. Hoy, a pesar de su origen industrial, no tendríamos ningún problema en reconocer a esas tejas como parte de nuestro patrimonio arquitectónico arraigado, ya sea en una casa campesina en El Hierro, o sobre un salón de empaquetado que se levantó hace más de cien años en Arafo.

¿Cuándo dejan un objeto, una técnica, un conjunto de prácticas (como la arquitectura) de ser vernáculos? Como en casi todas las cuestiones sociales complejas, no existe una frontera precisa: hasta aquí es vernáculo, a partir de ahí, ya no lo es. Definirlo en cada caso exige un proceso de

análisis y reflexión, diferente al de una ciencia exacta. Se puede estar generalmente de acuerdo en un caso como el siguiente: a partir de los años sesenta del pasado siglo XX se generaliza en toda Canarias (y en tantos otros lugares del Planeta, de forma progresiva), un modelo global de construcción enteramente nuevo y basado en concepciones industriales: bloques prefabricados de cemento, vigas y bovedillas del mismo material, hormigón armado... Paradójicamente, estos nuevos métodos y materiales, que habían empezado a aplicarse unas décadas antes en las construcciones diseñadas por arquitectos e ingenieros, y que se generalizan con el urbanismo de los incipientes núcleos turísticos, van a dar lugar a un nuevo modelo de 'arquitectura popular'. Miles de personas y familias, en toda Canarias, empezaron a resolver su necesidad de habitación de esta manera – normalmente mediante el sistema de autoconstrucción–; y crearon de la nada nuevos barrios y pueblos, o ampliaron los que ya existían, con las nuevas edificaciones ortogonales y grises. Se trata de una arquitectura, sin ninguna duda, *popular* (por más que el uso de la expresión pueda extrañar en este caso): es la arquitectura que hace el pueblo canario desde los años sesenta hasta hoy. ¿Se puede considerar una arquitectura vernácula? Si uno se pasea por el mundo, aunque sea a través de imágenes en Internet, se encuentra que la arquitectura contemporánea de las clases populares en Lima, en las islas de Cabo Verde, en Mauritania, y en tantos otros sitios, es exactamente igual (salvando a las franjas más pobres de población, que se ven limitadas a chabolas de cartón y lata). Y es justamente así porque son el resultado de aplicar unas técnicas y materiales homogéneos, que ya son industriales en su conjunto. ¿Surgirán en el futuro, dentro de ese estándar de '*arquitectura popular internacional*', elementos de diferenciación, adaptaciones locales, creaciones propias de cada sitio o país? ¿Llegarán a emerger a partir de ahí nuevas formas de arquitectura vernácula? No lo podemos saber. Tal vez sí; tal vez ya estén apareciendo algunos síntomas que apuntan en esa dirección. Pero no se puede afirmar con rotundidad todavía.

Quizás, la lección principal que se puede extraer de todo esto es que ese fenómeno que se conoce comúnmente como 'globalización', tiene ya raíces viejas, y su versión más acabada (que no es otra que la extensión del modelo capitalista neoliberal a todo el Planeta), *tiende a suprimir las culturas vernáculas y a transformarlas en un modelo homogéneo global*.

Pero una tendencia es sólo eso: una fuerza que empuja en una dirección determinada. Pueden surgir resistencias y emerger fuerzas que actúen en sentido contrario o, al menos, en una dirección diferente. La resultante final de todas esas fuerzas irá en una dirección difícil de anticipar. La creatividad y la historia humana, por fortuna, resultan imprevisibles.

La experiencia vernácula: ¿fuente para imaginar una sociedad (menos in)sostenible?

Lo que propongo a partir de aquí es deliberar si la experiencia vernácula acumulada por la humanidad a lo largo del tiempo en casi cualquier parte del mundo puede hoy resultarnos útil para afrontar nuestros problemas sociales y ecológicos contemporáneos, que no son pocos; todo ello con el objetivo de imaginar primero, y tratar de construir después, una sociedad sostenible, en lo social y lo ecológico; o cuando menos, que reduzca los niveles de insostenibilidad que amenazan el futuro de la Tierra y hacen que la vida humana sea indigna. Como es de suponer, la respuesta del autor es afirmativa: considero que tenemos mucho que aprender de la experiencia obtenida por generaciones pasadas, si somos capaces de extraer de ella lecciones útiles para nuestro presente. Tratando de demostrarlo, he empleado muchos años de lectura, reflexión y, sobre todo, observación y análisis de la realidad (incluyendo en esa realidad la consulta, mediante entrevistas, a la experiencia oral de bastantes personas mayores). En algunos trabajos anteriores, en solitario o con otras personas, ya se anticiparon algunas conclusiones en este sentido (Aguilera *et al.*, 1994; Sabaté *et al.*, 2008; Sabaté, 2011). He dado muchas charlas sobre el asunto, pero ésta es la primera oportunidad en que dedicó un trabajo específico a abordar la cuestión por escrito.

En el Figura 6 se sintetizan siete rasgos de la experiencia vernácula que considero de notable interés en relación a la pregunta de este epígrafe.

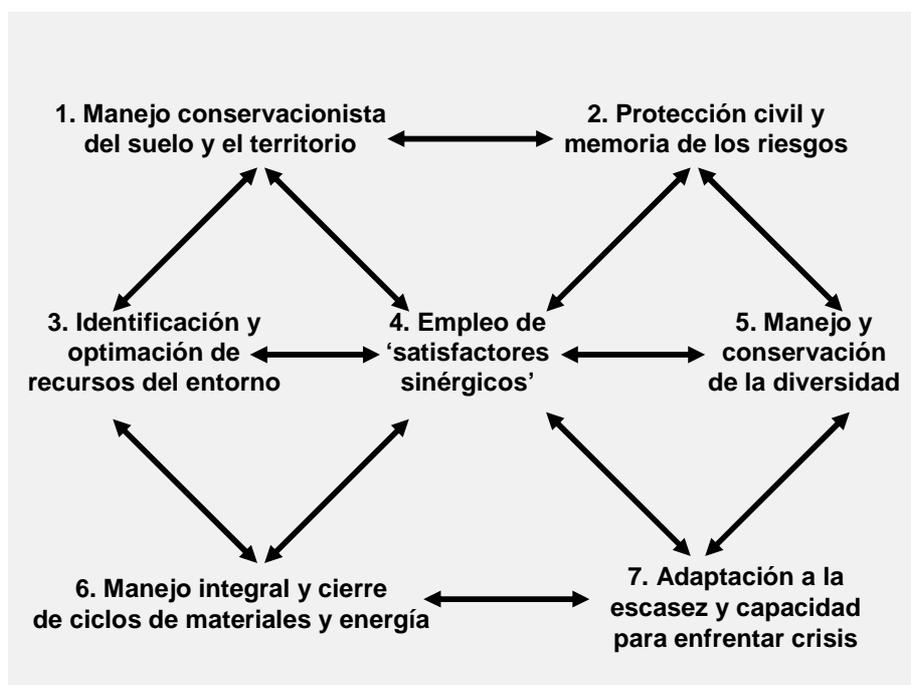


Fig. 6. Algunos rasgos de la experiencia vernácula.

Las flechas que unen a esas siete ideas quieren poner de manifiesto que todas ellas están relacionadas entre sí. Como veremos luego al comentar algunos ejemplos reales, y aunque utilicemos cada caso para ejemplificar precisamente alguno de los puntos del esquema, en la práctica un mismo fenómeno real a menudo tiene relación con dos o más puntos de nuestro esquema.

Como todo esquema, representa una construcción mental abstracta, que intenta atrapar la compleja realidad concreta. Pero siendo los esquemas útiles –por eso se conciben y aplican– *no se deben confundir nunca con la realidad*, sino recordar que constituyen una simplificación de la misma que nos resulta útil para tratar con ella. Aclarar lo anterior puede parecer innecesario, pero no olvidemos que ha sido demasiado frecuente que la ciencia y la técnica acaben confundiendo sus esquemas teóricos y abstractos con la realidad viva, siempre mucho más rica, compleja y cargada de matices.

Para no alargar en exceso este capítulo, no voy a explicar con casos prácticos los siete puntos, sino sólo algunos de ellos. Debo advertir también que el arsenal de ejemplos prácticos que se presentan a continuación está tomado de la realidad histórica y geográfica del Archipiélago Canario. Lejos de cualquier afán localista, escogí ejemplos canarios y no de cualquier otro lugar porque estoy convencido de que en nuestro entorno próximo se pueden identificar casos muy interesantes (y con frecuencia poco conocidos), que permiten demostrar la hipótesis de partida. Pero también abrigo la convicción de que los axiomas que aquí se plantean, aunque se evidencien con ejemplos locales, resultan de aplicación y validez *universal*.

La experiencia vernácula suministra referencias para un manejo conservacionista del suelo y el territorio

El carácter montañoso, con frecuencia abrupto, de buena parte del territorio canario, obligó a lo largo del tiempo a construir sistemas de terrazas para hacer posible la práctica de la agricultura; fue necesario *desmontar* la pendiente, levantar paredes verticales y fabricar con trabajo humano inmenso un paisaje de ‘escaleras de gigantes’ (como las llamó el primer geógrafo canario, Leoncio Afonso, hace más de medio siglo). Son célebres por su espectacularidad los banales construidos bajo el Risco de Guadá y en otros sectores del tramo alto de Valle Gran Rey (ayuda también la espléndida panorámica que se disfruta de ellos desde diversas atalayas de la ladera opuesta). Pero, aunque no tan visibles, existen muchos otros paisajes espectaculares de antiguas terrazas agrícolas en toda Canarias y, desde luego, en otros puntos de La Gomera. Aquí quisiera recordar los que

colonizan el barranco de Erques, en el sur de esta isla, sobre todo los que se alzan sobre el caserío de Erquito (Fig. 7). Ese pueblo hace varias décadas que quedó totalmente despoblado (lo que habla a las claras de la dureza de la vida en un medio tan abrupto y difícil, y advierte de paso sobre lo inconveniente que resulta ‘idealizar’ de forma acrítica la vida campesina en el pasado). Sin embargo, muchos bancales están tan bien contruidos que se mantienen en pie, a pesar del abandono; y, lo que es más sorprendente, a pesar del conjunto de torrenteras (conocidas como *cañadas* en la toponimia gomera) que los atraviesan verticalmente. Por estas barranqueras muy empinadas tributarias del barranco principal discurre el agua con gran energía cuando se producen las borrascas del suroeste, que aportan lluvias muy cuantiosas y concentradas. Los paisanos demostraron su maestría articulando el diseño de la geometría de los bancales en condiciones difícilísimas, con el hábil manejo de los flujos ocasionales de agua, lo que hizo posible aprovechar hasta el último metro cuadrado de tierra que podía volverse cultivable –sin serlo de partida– y lograr que perdurase en el tiempo. Es bueno retener este caso porque, como tendremos ocasión de comprobar después, no asumir bien el funcionamiento de las torrenteras en las pendientes elevadas de los macizos antiguos puede acarrear consecuencias dramáticas.



Fig. 7. Terrazas de cultivo sobre el caserío de Erquito (sur de La Gomera), adaptadas a los cauces de las torrenteras (fotografías de Juan Carlos Hernández Marrero).

Otro caso de interés es el de los recubrimientos de la tierra fértil que se aplican en muchas partes de Canarias, pero de una forma destacada en la isla de Lanzarote. La ciencia agronómica utiliza la expresión inglesa *mulching* (acolchado) para referirse a cualquier recubrimiento artificial (y en ocasiones natural, como ya vimos en el caso de los jables) que protege el suelo terrígeno capaz de producir alimentos. En muchos casos, pero sobre todo en zonas áridicas, el colchón o *mulch* logra evitar el excesivo calentamiento debido a la radiación solar, limita la aparición de malas hierbas y, sobre todo, logra preservar el bien máspreciado: la humedad infrayacente. Los arenados naturales, como los que salpican el valle de La Geria (Fig. 8), construidos a base de excavar laboriosamente el lapilli aportado por las erupciones recientes, son tan conocidos que figuran hace tiempo en documentales y publicaciones sobre paisajes singulares a nivel mundial. Tras constatar sus buenos resultados, los agricultores conejeros ‘inventaron’ los arenados artificiales, trasladando arena volcánica a aquellos lugares donde la Naturaleza no la había depositado de forma espontánea.



Fig. 8. Arenados naturales en La Geria, Lanzarote (fotografía del autor).

De este modo lograron garantizar una provisión mayor y mejor de alimentos (aunque nunca segura del todo). Esto ocurrió sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XIX (fue de hecho una de las causas y consecuencias del crecimiento poblacional al que nos referimos al

comienzo). Lanzarote llegó al último tercio del siglo XX con una porción amplísima de su superficie recubierta de arenados (naturales y, sobre todo, artificiales), antes de que el desarrollo masivo del turismo llevara a la casi virtual paralización de sus variados y originales sistemas agrícolas.

Llegados a este punto, propongo que nos fijemos en una foto de la zona de Los Valles (Fig. 9), y observemos dos parcelas agrícolas contiguas, situadas en una ladera con cierta pendiente; una fue recubierta en el pasado con arena volcánica, y otra en cambio nunca se *arenó* (hecho poco frecuente en Lanzarote); las dos llevan largo tiempo en desuso, pero la que tiene arena está siendo ‘recolonizada’ por la vegetación natural, que aprovecha el suelo y la humedad subyacente, estando en proceso de formación un ahulagar; por el contrario, la que está ‘desnuda’ se halla también desprovista de vegetación: exhibe cárcavas y huellas evidentes de una erosión que cada año elimina una porción creciente del preciado suelo fértil. Las dos tienen en común su abandono, insisto, porque Lanzarote posee una economía basada en el turismo, lo que hace posible –otra cosa es que eso sea deseable– que casi todos los alimentos consumidos en la isla se traigan en las bodegas de barcos y aviones (generando un alto grado de dependencia, igual o superior al del resto de Canarias).



Fig. 9. Diferencias entre dos parcelas, ambas abandonadas: una sin arenar – erosionada– y otra arenada –con recuperación de la vegetación potencial– (fotografía del autor).

Las dos parcelas se diferencian en que si algún día –¿tal vez no lejano?– tenemos que volver a recurrir, aunque sólo sea en parte, a la producción agraria local, la parcela arenada conserva bajo el lapilli el suelo fértil, disponible para quien quiera volver a ponerlo en producción: un regalo que legaron como herencia para el futuro generaciones precedentes de trabajadores rurales.

La experiencia vernácula suministra claves para la memoria y la prevención de riesgos

El pueblo de San Juan de la Rambla, como indica su propia denominación, se asienta sobre una terraza de materiales sedimentarios, depositados por las lluvias torrenciales al pie de un acantilado marino, que quedó de este modo fosilizado (perdió su contacto directo con el mar, causante de la formación progresiva del cantil). La creación de esta ‘rambla’ debió suceder en un tiempo geológico no remoto, pero anterior a la presencia humana histórica en Tenerife. Un pequeño colector, denominado localmente barranco de Poncio, atraviesa el casco histórico de San Juan; aquí no es muy ancho ni profundo, pero esta imagen resulta engañosa: se trata de un barranco *de Cumbre*, denominación popular que indica que constituye el eje principal de una cuenca hidrográfica cuya cabecera se sitúa a más de dos mil metros de altura, en La Fortaleza, junto a la cara norte del Teide. En una calle situada a la vera del barranco, se conserva una inscripción en lo alto de la fachada de una casa, cuyo texto recuerda para la posteridad que hasta aquel punto (unos cinco metros sobre el nivel de la calle) alcanzaron las aguas desbordadas el día 7 de noviembre de 1826 (Fig. 10).

El aluvión de 1826, que combinó vientos huracanados con precipitaciones muy concentradas y cuantiosas, aunque repetidas a lo largo de casi tres días, está considerado el fenómeno climático extremo más devastador que se conoce en la historia (escrita) de Canarias. Además de un centenar largo de víctimas humanas, provocó la muerte de miles de cabezas de ganado, arrasó una miríada de explotaciones agrarias, desvió barrancos de curso, abrió otros nuevos y ganó en algunos puntos terreno al mar, destruyendo bahías practicables –como el caletón que daba servicio al Puerto de la Cruz–⁴. El acontecimiento quedó marcado en la conciencia popular (fue recordado por varias generaciones como *el Diluvio*). No debe extrañar que alguien concibiera la idea de dejar la señal en una calle de San

⁴ Como es sabido, en la localidad costera de Candelaria la tromba de agua de un barranco desbordado penetró en el antiguo convento dominico y arrasó cuanto había en su interior, perdiéndose en el Océano la primitiva imagen de la Virgen patrona de Tenerife. Lo mismo sucedió con un fortín militar que custodiaba ese punto de la Isla, que fue arrancado desde sus cimientos.

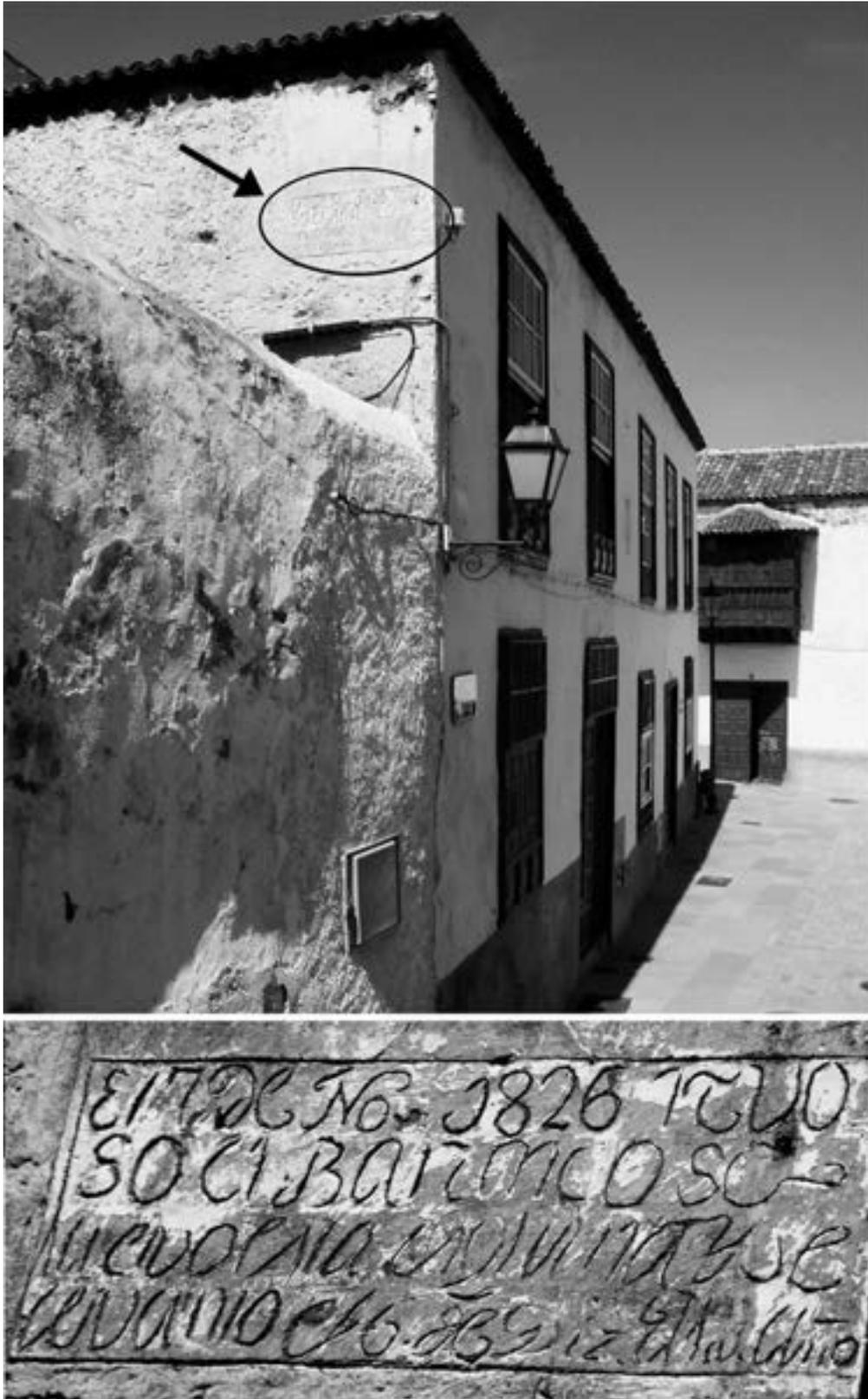


Fig. 10. Inscripción en una fachada de San Juan de la Rambla (indicando la altura que alcanzó el agua durante el Aluvión de 1826) y detalle de la misma (fotografía de Juan Vicente Núñez Afonso).

Juan de la Rambla, con un mensaje claro para las generaciones venideras: la Madre Naturaleza suele comportarse de una determinada manera, pero a veces se ‘desmadra’; el agua que circula cada invierno por el fondo del cauce, puede en ocasiones llegar mucho más lejos. Es incluso muy probable que, en el siglo XIX, muy pocas personas en San Juan de la Rambla, ni en cualquier otra población de Tenerife, supieran leer y escribir; sin embargo, cualquier paisano que pasara por allí, por más que fuera analfabeto, tendría conocimiento cabal de que “ahí dice que una vez el agua llegó hasta allá arriba”. De hecho, son frecuentes en muchos lugares del mundo este tipo de marcas, iconos o señales, que cumplen una misión pedagógica muy clara con respecto a los fenómenos naturales y su comportamiento excepcional.

En otro punto de la isla, San Andrés, es bien conocida la imagen de su Castillo, gracias a la popularidad de la playa anexa de Las Teresitas (Fig. 11). La torre se encuentra arruinada, con casi la mitad de su círculo original desgajado y parcialmente volcado junto a la fábrica que se mantiene en pie. Menos divulgada hoy día es la causa que originó esa ruina, y que no fue otra que el mismo terrible temporal de noviembre de 1826. Una vista aérea (Fig. 11) permite comprenderlo mejor: el castillo había sido elevado en 1769, a la vera del cauce que discurre junto a la localidad, apenas unos metros más abajo del lugar donde confluyen dos barrancos, El Cercado y Las Huertas, cuyas cabeceras excavan en ambos casos las cumbres del macizo de Anaga (a unos 800 metros de cota). La crecida del barranco socavó la cimentación de la mitad norte del fortín que, estando tan bien construida –empleando la técnica tradicional de piedra, barro y cal– se desgajó y ahí, entera y estoica, permanece hasta hoy. Nadie se planteó deruir del todo el castillo; tampoco reconstruirlo, por dos importantes razones: la primera, que desde comienzos del siglo XIX, a medida que se fue consolidando el dominio británico del Atlántico y éste dejó de ser un espacio de conflicto entre imperios rivales, se pacificaron las rutas comerciales y las fortificaciones se volvieron más prescindibles; pero también, y sobre todo, porque los contemporáneos de aquel suceso comprendieron que el fortín estaba emplazado sobre un lugar del todo inseguro, y que volver a levantarlo resultaría un trabajo en balde.

La hipótesis que uno sostiene es la siguiente: para los vecinos del entorno la ruina del castillo de San Andrés debió acarrear durante mucho tiempo un significado análogo al de la inscripción de San Juan de la Rambla: transmitir que la Naturaleza –el Barranco también en este caso– funciona casi siempre de una manera, pero ocasionalmente *se sale de madre*. Así debió ocurrir al menos mientras funcionó con fluidez la transmisión oral de información entre generaciones (dado que aquí no medió ningún mensaje escrito, sino un icono arquitectónico muy contundente), y la mayoría de la población mantenía la conciencia de nuestra elemental dependencia de la Naturaleza.



Fig. 11. Castillo de San Andrés (a), derruido parcialmente por la crecida del barranco en 1826; y vista aérea (b) de San Andrés y Las Teresitas, a finales de los años 90, con el castillo remarcado en un círculo (fotografías del autor).

Una conciencia que hoy parece bastante extraviada, a juzgar por lo sucedido en tiempos más recientes en esta misma zona, y en tantas otras. En uno de los episodios del largo *affaire* político–inmobiliario de Las

Teresitas, el Ayuntamiento de Santa Cruz convocó a comienzos del siglo XXI un concurso internacional de proyectos para la urbanización del frente de la playa. En una muestra pública de planos y maquetas que tuvo lugar en el verano de 2000, una docena de equipos profesionales (franceses, holandeses, japoneses, españoles y hasta algunos estudios locales de arquitectura) expusieron sus propuestas: todos, menos uno, proponían ubicar equipamientos en el cauce del barranco de Las Huertas o sus inmediaciones (apenas unos cientos de metros más arriba del icónico castillo). Resultaba evidente la amnesia colectiva respecto a la realidad geográfica, que la fuerza de los hechos no tardó en poner de manifiesto: no habían transcurrido ni dos años cuando se produjo la lluvia torrencial que afectó gravemente a Santa Cruz de Tenerife al mediodía del 31 de marzo de 2002, Domingo de Resurrección (Fig. 12). Los barrios situados en los valles–barranco del sur del macizo de Anaga fueron de las zonas más gravemente afectadas, sobre todo donde se había edificado invadiendo el espacio de las torrenteras –las *cañadas* de La Gomera– que desaguan las laderas más empinadas. Entre la decena de víctimas humanas de aquel triste suceso, dos se verificaron precisamente en San Andrés.



Fig. 12. Efectos de la ‘riada’ del 31 de marzo de 2002 en Santa Cruz y San Andrés (fotografías: Diario de Avisos).

No fue la última ocasión en que se puso de manifiesto nuestra incapacidad actual para recordar los mensajes del pasado: más cerca de la

sede de la entidad que edita este libro, con ocasión de las lluvias torrenciales que afectaron en 2010 al Norte de Tenerife, se volvió a verificar la crecida de varios barrancos, entre ellos el de San Felipe, cuyo tramo más bajo se desempeñaba, en invierno y en verano, como aparcamiento de coches al aire libre. Para las personas que vieron anegados sus vehículos (y todas las demás) hubiera sido bueno recordar el testimonio que dejó escrito el alcalde portuense, Álvarez Rixo, respecto a los sucesos de 1826 en esa misma zona:

“Los dos barrancos en medio de los cuales está situado este Puerto, sus torrentes arrastraron tanto material, que retiraron el mar 250 varas el del naciente [Martíáñez] y 200 del de poniente [San Felipe]”.

Sobre esos terrenos, ganados por los sedimentos al mar, se extiende hoy la flamante Playa–Jardín, en cuyo extremo se conserva el castillo de San Felipe, al que el aluvión de 1826 dejó sin bahía alguna que vigilar. Otra vez un castillo lanza un mensaje que nadie parece descifrar.

La experiencia vernácula llevaba a utilizar, casi siempre, un mismo elemento para resolver varias necesidades humanas

Antes de concretar esta idea con algunos ejemplos es necesario explicar un concepto fértil: el de ‘satisfactor sinérgico’, propuesto y sistematizado por el investigador chileno Manfred Max–Neef, uno de los teóricos más relevantes dentro de la corriente denominada Economía Ecológica. En su búsqueda de una teoría del desarrollo humano (esto es, más preocupada por la elevación de la calidad de vida de las personas que por el crecimiento de la cantidad de los objetos), este autor cuestiona la teoría convencional de las necesidades. Ésta postula que las necesidades humanas son infinitas, en permanente cambio, variables de una cultura a otra, y diferentes en cada periodo histórico. Semejante visión contribuye a sustentar una teoría del crecimiento económico permanente, única manera de satisfacer tal modelo de necesidades. Para Max–Neef, se trata de un error cuya base se encuentra en la confusión entre necesidades y ‘satisfactores’: las necesidades humanas fundamentales son finitas, pocas y clasificables; son las mismas en todas las culturas y en todos los periodos históricos⁵. Lo que cambia a través del

⁵ Para Max–Neef, esas necesidades básicas e invariantes serían: Subsistencia, Protección, Afecto, Entendimiento, Participación, Ocio (no entendido como holgazanería sino como estado de conciencia que invita a la creatividad), Creación, Identidad y Libertad. Las necesidades humanas no deben ser entendidas sólo como carencias, sino también y simultáneamente, como *potencialidades humanas individuales y colectivas*.

tiempo y de las culturas es la manera o los *medios* utilizados para satisfacerlas, que él propone denominar ‘*satisfactores*’. La cantidad y calidad de los satisfactores sí que puede ser variable en tiempo y espacio, al igual que los mecanismos de acceso a los mismos: para protegerme de las inclemencias del tiempo atmosférico –necesidad humana básica– puedo abrigarme con un jersey de lana, una manta esperancera, un abrigo de pieles o una chaqueta de lino, entre otras posibilidades casi infinitas.

Max–Neef clasifica los satisfactores en varios grupos, según su naturaleza y su grado de relación con las necesidades⁶. Lo que más nos interesa aquí es la definición de satisfactor ‘*sinérgico*’: sería aquél que, por la forma en que satisface determinada necesidad, estimula y contribuye a la satisfacción simultánea de otras. El ejemplo más logrado de satisfactor sinérgico sería para este autor el que se produce:

“cuando una madre le da el pecho a su bebé; a través de ese acto contribuye a que la criatura reciba satisfacción simultánea para sus necesidades de subsistencia, protección, afecto e identidad. La situación es obviamente distinta si el bebé es alimentado de manera más mecánica”.

Todo esto contrasta con la realidad histórica contemporánea (surgida del capitalismo desarrollado) que promueve, entre otras cosas, la ‘*súper-especialización*’: de los espacios, de los objetos, de las personas. El presente, siguiendo las aportaciones de Max–Neef, se caracteriza por el predominio de satisfactores *singulares*: utensilios, lugares o prácticas que sirven exclusivamente para una sola función, derrochando a menudo muchos más recursos de los necesarios. Por el contrario, los satisfactores sinérgicos, además de verificarse de modo habitual por cauces *endógenos*, suelen presentar –desde nuestra perspectiva contemporánea– un carácter *contra hegemónico*, al revertir la racionalidad dominante de competencia y coacción.

A la luz de los planteamientos anteriores, es posible descubrir múltiples casos donde la cultura vernácula, tanto campesina como urbana, desarrollaba satisfactores sinérgicos; lo contrario, la especialización contemporánea, más bien resultaba ser algo excepcional. Un par de ejemplos valen para demostrarlo, aunque cualquier persona dotada con este equipaje conceptual podría descubrir cientos de ellos.

En el extremo sur de la pequeña isla de Alegranza, en el Archipiélago Chinijo, se encuentra la Caldera del mismo nombre: un edificio

⁶ Esta clasificación incluye las categorías de satisfactores *destructores* o *violadores*; *pseudo-satisfactores*; satisfactores *inhibidores*; satisfactores *singulares*; y satisfactores *sinérgicos*. Los cuatro primeros suelen ser *exógenos* y el quinto, *endógeno*.

hidromagmático que presenta uno de los mayores diámetros entre los conos volcánicos de Canarias (Fig. 13). La peculiar génesis de este volcán hizo que sus paredes sean firmes y parcialmente impermeables (todo lo contrario de los habituales conos de cínider y lapilli del volcanismo convencional, que absorben casi toda el agua de lluvia que alcanza sus laderas). Por el flanco de la caldera de Alegranza asciende un camino, trazado a pico, que permite acceder hasta su cima y luego bajar al cráter interior (Fig. 14). Pero lo más interesante, a nuestros efectos, es su doble utilidad: fue labrado como una canalización dotada de un reborde externo que permite que el agua de lluvia que discurre por las laderas de la montaña al alcanzar el camino siga circulando por él, hasta ser conducida a un aljibe subterráneo que se encuentra más abajo. Es decir, vale para lo que sirven todos los caminos (tránsito de personas y materiales), pero también para recoger y canalizar hasta un depósito agua de lluvia, que en este caso suministraba un aporte para los rebaños de cabras trasladados durante algunos veranos secos a Alegranza, para compensar el agostamiento de los pastizales de Lanzarote.



Fig. 13. Caldera de Alegranza, al sur del islote (fotografía del autor).

En realidad no hacía falta ir tan lejos: en muchos pueblos del Archipiélago, como en otros tantos lugares marcados por la sed, casi todos los caminos cumplían la función adicional de recogida de agua de lluvia. Por eso, cuando amenazaba una borrasca, era habitual darse prisa en barrerlos de tierra y pequeñas piedras, para recoger la mayor cantidad posible de agua limpia (normalmente, las primeras aguas se dejaban correr

para que limpiaran por sí mismas el polvo del camino, y luego se iniciaba su desvío hacia el aljibe). El autor de estas líneas presencié este modo de proceder en la isla de El Hierro en el centro del pueblo de El Pinar en los años ochenta del pasado siglo XX, del mismo modo que se seguía practicando aún en otras comarcas de Canarias.



Fig. 14. Detalle del camino que asciende a la cima de la Caldera de Alegranza (fotografía del autor).

Una versión particularmente sofisticada del camino como satisfactor sinérgico la encontramos en algunas vías que atraviesan el monte verde húmedo; se aprecia todavía en el camino de Las Vueltas que conduce a Taganana (Fig. 15). Como en muchos caminos, a cada tramo se prepararon pequeños canales que desaguan hacia los bordes, evitando que si la lluvia es fuerte el caudal acumulado se transforme en un torrente que destroza el

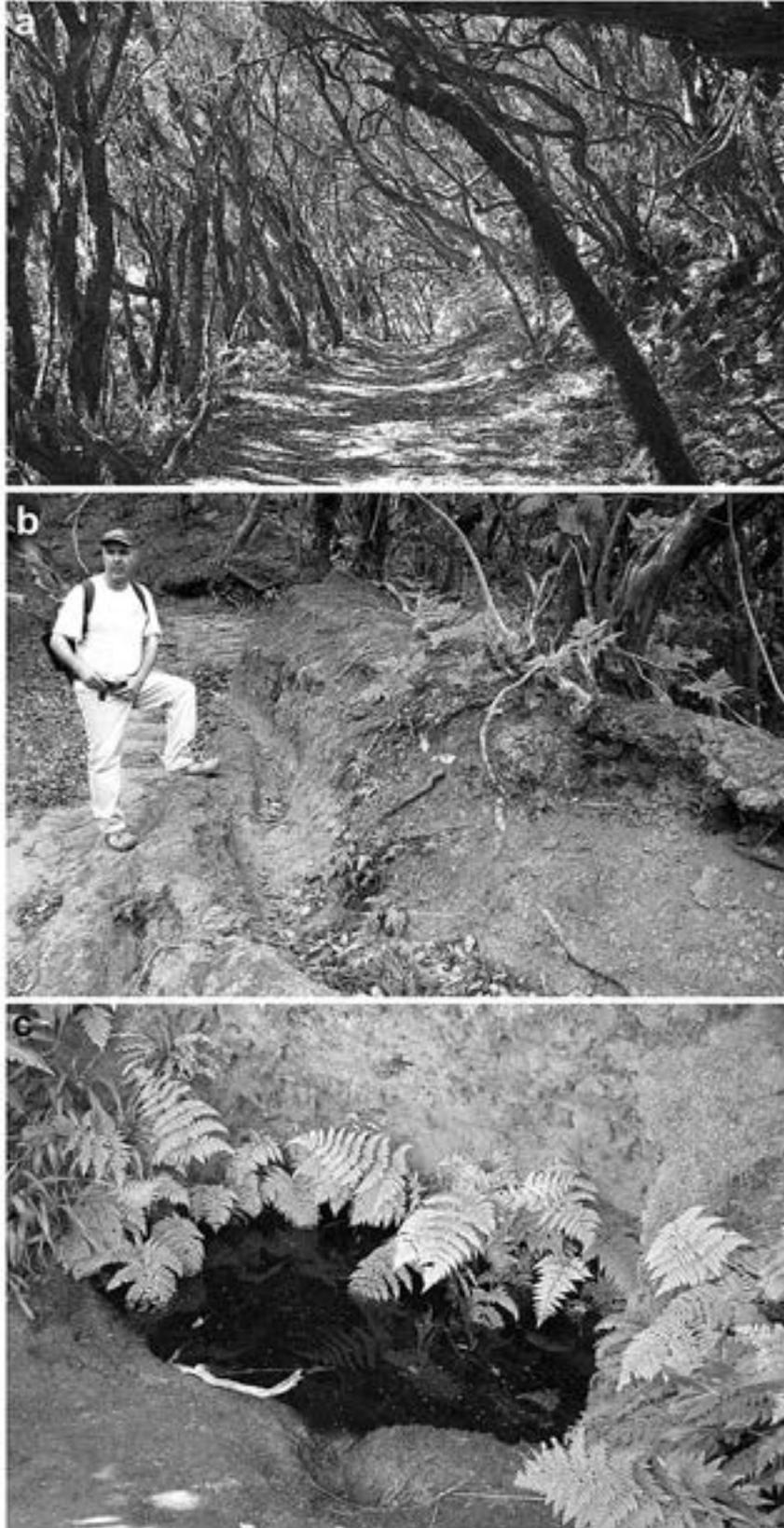


Fig. 15. Camino que atraviesa un bosque húmedo de monteverde (a); canal de desagüe en el camino de Las Vueltas (b); y tanquilla en el camino de Las Vueltas para abrevadero de los animales de carga (c) (fotografías del autor).

propio sendero. La mayor parte de los canales vierten hacia barranquillos; pero en unos pocos casos lo hacen a unas tanquillas abiertas, que almacenan agua en puntos estratégicos del camino (Fig. 15). Éstas permanecen llenas de agua todo el año, gracias a la precipitación de niebla (‘lluvia horizontal’) que funciona en estas zonas incluso en lo más seco del verano, y que gota a gota va nutriendo el propósito principal: disponer de unos puntos que sirvieran de abrevadero y descanso para los burros y mulas de carga, gracias a cuyo esfuerzo –y el de sus arrieros– se podían llevar a vender a los mercados urbanos los excedentes de la producción agrícola de un valle fértil como Taganana, y se importaban (antes de la tardía llegada de la carretera, en los años setenta) las mercancías indispensables que no se podían producir allí.

La experiencia vernácula conserva y maneja la diversidad por muy buenas razones

A mediados de los años noventa me encontraba desarrollando una investigación sobre el pasado agrícola de un pequeño valle en el municipio de Tegueste. Tuve la oportunidad de conocer y entrevistar a un experimentado campesino que me estaba explicando la gran variedad de productos que solían cultivar en una finca no mayor de dos hectáreas, primero como medianeros y más tarde como propietarios directos. En un momento determinado de la conversación, don Nicolás González afirmó: “Y llegamos a tener cincuenta clases distintas de peras”. Ante mi sorpresa, comenzó a enumerar las que recordaba. En sucesivas visitas fue completando el listado, hasta alcanzar las 32 variedades de perales que se incluyen en la Figura 16 (aunque él aseguraba que su número total superaba el medio centenar, no le fue posible recordarlas todas porque habían transcurrido muchos años desde entonces).

Se debe subrayar que esta impresionante colección se verificaba en una finca no muy extensa, en la que los perales ni siquiera constituían el cultivo principal, y donde convivían con media docena de variedades de papas, dos o tres de trigo, otras dos de cebada, cinco o seis clases distintas de viña, diferentes clases de higueras, y otros frutales y hortalizas. Como se trataba de una explotación de subsistencia (a lo sumo, abastecía el pequeño mercado local), y no del Jardín Botánico promovido por un filántropo acaudalado o el Banco de Germoplasma de alguna institución contemporánea, cabe hacerse la pregunta: *¿a qué obedece esta auténtica obsesión por mantener y gestionar tanta biodiversidad cultivada?*

El informante de Tegueste, persona muy perspicaz, explicaba con argumentos claros lo que también sería de aplicación en muchas otras partes. Disponían de variedades de peras que eran ruines de sabor, pero si venía un año muy seco (el regadío alcanzó tardíamente esta zona) tal vez

fueran las únicas capaces de producir algo. Había perales de fructificación temprana (mediados de la primavera); otros producían a comienzos del verano (algunos nombres de variedades suministran pistas al respecto); otros son más tardíos y algunos, en fin, dan fruto en el mes de octubre, todo lo cual amplía en casi seis meses la disponibilidad de fruta fresca, evitando concentrar la cosecha en un intervalo demasiado corto para consumirla o venderla a tiempo, sin posibilidad de conservar los excedentes en cámaras frigoríficas (que por supuesto no existían). Esta amplitud temporal también resultaba ventajosa en caso de sobrevenir alguna plaga, por ejemplo, de *cigarrones* (langosta africana): si sorprendía al árbol en flor, los voraces insectos eliminaban toda posibilidad posterior de fruto; pero en las variedades de floración más tardía, este problema no se daba y se podían cosechar peras unos meses más tarde. Existían otros motivos adicionales que alentaban esta diversificación *compulsiva* (vinculadas a la distancia a la que se producía su pequeña comercialización), pero detengo aquí la enumeración por no seguir alargándome.

- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| 1. <i>Pierna Monja</i> | 17. <i>Real</i> |
| 2. <i>Bonita</i> | 18. <i>Durera</i> |
| 3. <i>Canaria</i> | 19. <i>Fresquiána</i> |
| 4. <i>Chasnera</i> | 20. <i>Juan Alonso</i> |
| 5. <i>Higa</i> | 21. <i>Juan Nicolás</i> |
| 6. <i>Sausa</i> | 22. <i>Sanjuanera</i> |
| 7. <i>Bodega</i> | 23. <i>Romera</i> |
| 8. <i>De Año</i> | 24. <i>Dulce</i> |
| 9. <i>Parda</i> | 25. <i>De higo blanco</i> |
| 10. <i>Güimarera</i> | 26. <i>Codornia</i> |
| 11. <i>Lisarda</i> | 27. <i>Trigal Normal</i> |
| 12. <i>Calabasate</i> | 28. <i>Trigal de España</i> |
| 13. <i>De Agua</i> | 29. <i>Monte</i> |
| 14. <i>Manzana</i> | 30. <i>Pan</i> |
| 15. <i>Sermeña</i> | 31. <i>Lágrima</i> |
| 16. <i>Génova</i> | 32. <i>Mimbre</i> |

Información oral de D. Nicolás González Gutiérrez (1994).

Fig. 16. Variedades de peras cultivadas a mediados del siglo XX en una finca del Valle de Borgoñón (Tegueste).

En realidad el ejemplo seleccionado, aunque muy expresivo, es sin duda un poco exagerado: muy pocas familias campesinas cultivaban tantas variedades de una misma especie agrícola, pero sí unas cuantas (y muy raras veces una sola). La estrategia vernácula del campesinado para lograr sobrevivir en casi todo el Planeta estuvo basada –antes de la generalización

de la llamada *Revolución Verde*– en un manejo hábil y complejo de la biodiversidad. Como puso de manifiesto tempranamente el ecólogo mexicano Víctor Toledo (1985), la supervivencia estuvo basada en desarrollar sistemas de aprovechamiento *múltiple* (no sólo de *múltiples* especies y variedades, sino también de *múltiples* ecosistemas, en los que se desarrollaban a lo largo del año *múltiples* prácticas productivas), sustentados en un conocimiento exhaustivo del territorio y sus recursos. En último término, fueron este tipo de estrategias basadas en la diversidad y la multiplicidad las que permitieron, si no eliminar el espectro del hambre que acechaba siempre a las comunidades campesinas, sí reducir lo más posible su periódica y fatal incidencia.

La experiencia vernácula practica un manejo integral, cerrando ciclos de materiales... y de energía

Alguna persona joven podría pensar que conceptos como el reciclaje, la reutilización o la reducción de residuos (las tres ‘erres’ de su correcta gestión contemporánea) constituyen invenciones novedosas o exclusivas de la modernidad más reciente. Nada más lejos de la verdad. La gestión vernácula, marcada siempre por la escasez (en realidad, la abundancia que hemos disfrutado en la parte rica del Planeta pudiera ser más bien una especie de paréntesis excepcional en la historia de la Humanidad), practicó siempre un manejo austero y autocontenido de los recursos; procurando, en cuantos casos fue posible, prolongar su vida útil, reciclándolos, reutilizándolos o reconvirtiéndolos en otra cosa también útil, cuando ya no quedaba más remedio. De nuevo proponemos un par de ejemplos entre los miles de casos posibles.

En la Figura 17a se observa una vieja piedra de lavar de cemento, situada en el exterior de una casa campesina. Esta imagen puede sugerir varias informaciones anexas: la primera, que ya había agua cerca, y no era preciso que las mujeres –encargadas por lo general de la dura tarea de lavar la ropa– tuvieran que acudir a algún lugar más o menos alejado, como una fuente, los charcos de un barranco o, en el mejor de los casos, algún lavadero comunitario situado en el entorno del pueblo; la segunda, que al estar fabricada con cemento (y no labrada en piedra, por ejemplo), la pileta de lavar no debe ser muy antigua ni anterior en ningún caso a los años sesenta, que es cuando se generaliza el uso de este material de construcción entre las clases populares –pues antes el cemento apenas se había utilizado en el Archipiélago más que para obras públicas o construcciones suntuarias–. Si miramos la Figura 17b, que se centra en un detalle del mismo objeto, encontramos una pieza de piedra porosa incrustada en el cemento, que debió servir para restregar la ropa sucia (a modo de *batidera*). La pieza no es otra que una piedra casi completa de un pequeño molino

casero (tallado en un basalto vacuolado), que seguramente había dejado de ser funcional porque también se implantó en el pueblo alguna *máquina* de moler: un molino profesional, cuyas grandes piedras eran impulsadas por un motor de gasoil y no más por la energía muscular humana. Esta aplicación temprana de la energía contenida en los combustibles fósiles permitió abandonar la obligación de triturar en casa el gofio (y cualquier otro producto molturable), lo que suponía un trabajo duro, largo y tedioso. Pero como vemos, la piedra del viejo molino doméstico no acabó en el fondo de un barranco, ni siquiera en la pared de una huerta, sino que alguien le supo encontrar una nueva utilidad acorde con su naturaleza porosa.

El siguiente paso (y aunque la imagen corresponde a otro lugar), viene a expresar la continuación del ciclo: cuando al agua corriente le sigue el abastecimiento doméstico de electricidad, cobran sentido los *electrodomésticos* –su denominación no cayó del cielo–. Con ellos llegan las lavadoras, que terminan de liberar a muchas mujeres de la esclavitud de lavar la ropa a mano. Pero entonces, en algunos casos, la piedra de lavar resucita transformada en macetero (Fig. 17c).



Fig. 17. Pila de lavar construida en cemento (a); detalle de la pila de lavar, con una antigua piedra de molino incrustada para servir de 'batidera' (b); y antigua pila de lavar reconvertida en jardinera (c) (fotografías del autor).

Si los ejemplos anteriores corresponden al ciclo de un objeto, el siguiente se refiere al manejo cíclico de un ecosistema; o, para ser más

preciso, de un agroecosistema: la asociación de cultivos de castañeros y papas, practicada en los Altos de la vertiente norte de Tenerife. La rampa volcánica empinada de la comarca de Acentejo, pongamos por caso, debió acoger antaño un bosque de laurisilva que sacaba partido a la presencia frecuente del mar de nubes a esa cota. El hambre de tierras del campesinado llevó, siglos atrás, a la roturación de aquel monte, sustituyéndolo en muchos sitios por un espacio forestal humanizado: una plantación de castañeros, cuyas profundas raíces extraen nutrientes minerales de los materiales volcánicos y los transforman cada año, a través de la fotosíntesis, en materia orgánica abundante que fertiliza la superficie del suelo, gracias a la abundante hojarasca y los erizos incomedibles de las castañas que se quedan en la tierra. Pero a diferencia de los árboles de la laurisilva, el castaño es caducifolio, y pierde toda su masa foliar en invierno (Fig. 18a), permitiendo que los rayos solares alcancen el suelo a pesar de la duración más corta de los días y de que el sol alcance menos altura sobre el horizonte; en cambio, en pleno verano, el tupido recubrimiento de hojas y flores produce una sombra (Fig. 18b) que impide que la radiación solar directa llegue a su base, por más que haya más horas de luz y que el astro rey se encuentre a mediodía prácticamente en la vertical. Ese diferencial de energía solar se identifica como una oportunidad para sacarle el mayor partido a la fertilidad del suelo, que de otro modo se desaprovecharía,

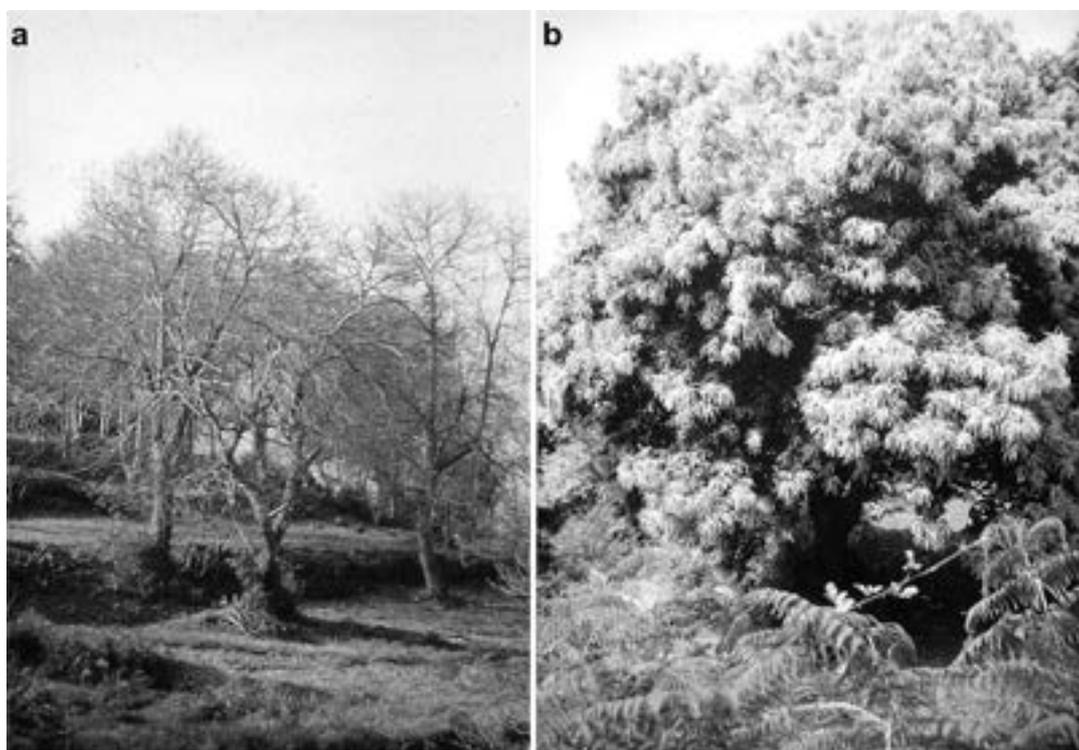


Fig. 18. Castañeros en invierno (a) y verano (b): cambios estacionales en la masa foliar y en la energía solar que llega a la base del árbol (fotografías del autor).

insertando una plantación de papas (de 4–5 meses de duración), que rinde fruto en verano, mientras que las castañas se cosechan a comienzos del invierno. Ambos son productos ricos en calorías, y resultaron fundamentales en la dieta básica de los paisanos. Hay más particularidades interesantes de este agrosistema, pero lo dejo aquí.

Otra muestra que refleja bien el cierre y aprovechamiento de flujos de energía y materiales es la siguiente: en los años cuarenta Canarias vivía una situación muy dura de crisis socioeconómica y autarquía; sin embargo, los grandes propietarios anhelaban seguir extendiendo el espacio de la agricultura de exportación para cuando se lograra superar la situación de aislamiento internacional (consecuencia de la II Guerra Mundial y, al concluir ésta con la derrota del fascismo, del bloqueo al que fue sometido el régimen del general Franco). Fue en ese contexto cuando se construyó en Arico un ingenio calero protoindustrial que, sin embargo, aún conservaba notables anclajes con una racionalidad estrechamente vinculada al aprovechamiento integral de los recursos. Los hornos de cal estuvieron siempre situados en el litoral de las Islas, para explotar los materiales calcáreos de la orilla o, sobre todo, manufacturar la piedra de cal importada en bruto desde Fuerteventura. Pero este horno de Arico (Fig. 19a) se sitúa en la zona alta de El Bueno, a más de 1000 metros de altitud, en un paraje alejado de cualquier vía rodada de comunicación. ¿Cuál era su fundamento?

Las galerías de la zona alta de Arico y Fasnía venían dando buenos resultados y permitían obtener excedentes hídricos cuyo trasvase se planteó inmediatamente la burguesía agraria de la zona situada más al sur. Tanto los canales ‘horizontales’, como todos los bajantes que canalizaban y repartían el agua (Fig. 19b), suponían muchos kilómetros de trazado, que exigían a su vez gran cantidad de materiales de construcción, en un periodo en el que éstos resultaban muy escasos. Ya se había observado que las aguas de algunas galerías de Arico portaban en disolución una gran cantidad de sales carbonatadas, producto de su mezcla en el acuífero con gases carbónicos vinculados a la historia volcánica de la isla. Estas sales, además de comprometer la propia calidad del agua de riego, suponían –y siguen suponiendo en la actualidad– un problema técnico grave: al entrar en contacto con el aire, precipitan y van formando costras calcáreas cada vez más gruesas, de modo que si no se limpian las conducciones de manera periódica pueden acabar taponadas. La demanda de cal y su presencia potencial en el agua que brotaba en la parte alta se unificaron por medio de un ingenioso procedimiento: el agua se hacía pasar a través de una piscina dividida en compartimentos (a modo de serpentín) para frenar su velocidad y favorecer que las concreciones calcáreas se fueran depositando en el fondo de la cubeta. De allí se recogían, suministrando la materia prima (carbonato cálcico), que procedía a transformarse en cal (óxido de calcio) en un horno de gran tamaño situado un poco más abajo. Y esa cal servía de

argamasa para unir las piezas en forma de ‘u’ que integraban las canalizaciones, o para revestir e impermeabilizar depósitos o las propias conducciones, cuando éstas estaban talladas en piedras porosas como las tobas pumíticas (lo cual era harto frecuente).

En síntesis, este modelo se puede expresar del modo siguiente: el propio *residuo* que transporta el agua –las sales carbonatadas que la contaminan–, se logra transformar en un *recurso* –la cal como material de construcción–, que va a servir precisamente para transportar esa misma agua.



Fig. 19. Horno de cal en los Altos de Arico (a); y atarjeas para el transporte de agua (b). El horno aprovechaba las sales calcáreas contenidas en el agua (fotografías del autor).

A modo de conclusión: actualidad de la experiencia vernácula

Las consideraciones anteriores, y otras por el estilo, pueden tener algún interés histórico y cultural. ¿Pero nos sirven para algo más? Mi experiencia explicando éstos y otros casos, en charlas dirigidas a públicos diferentes, es que suelen llamar la atención pero por razones que tienen que ver a menudo con otra cosa: muchas de estas ideas se refieren a un mundo ya desaparecido, pero todavía reciente, como si aún pudiéramos ‘acariciarlo con la yema de los dedos’. Está todavía tan cercano que a menudo inspira un

sentimiento de nostalgia. Quisiera dedicar un párrafo a reflexionar sobre este particular.

La nostalgia constituye, con seguridad, un *derecho humano básico*: cuando sufrimos una pérdida grave, material o personal, necesitamos un lapso para acomodarnos a la nueva situación. Éste es el fundamento de la institución del luto, que existe en muchas culturas, y que no significa sólo que las personas dolientes se vistan –o no– de un determinado color, o que practiquen unos rituales u otros, sino sobre todo que dispongan de un espacio y un tiempo de distanciamiento y adaptación, en parte solas y en parte acompañadas por los seres queridos y asistidas por la comunidad. También advierte la experiencia (y corrobora la investigación psicológica) que la pérdida hay que trascenderla, no instalarse en ella de manera permanente. Quedarse instalado en la nostalgia paraliza la creatividad y el potencial del ser humano, constituyendo un grave error.

Por otra parte, vuelvo a insistir en una idea que apunté casi al principio: lejos de mi intención se encontraba alentar cualquier tipo de idealización romántica de las condiciones de vida pretéritas que, en muchos casos, nos resultarían intolerables evaluadas desde la perspectiva presente. No concibo ningún deseo de retornar a supuestos paraísos perdidos. Por el contrario, y desde mi punto de vista, dos son las enseñanzas más útiles que podemos extraer hoy de la experiencia vernácula, en relación con los problemas actuales de la sostenibilidad.

En primer lugar, y como aportación para el reconocimiento de los errores, *sirve de base para una crítica bien fundamentada y radical de la insostenibilidad presente* ('radical' en el sentido de ir a la raíz, de comprender el origen de los problemas). Comenzamos este capítulo relatando cómo se originó, debido a un problema socioecológico temprano, el corredor de jable del centro–norte de Lanzarote; y, lo más importante, cómo los vecinos de la comarca lograron transformar aquella catástrofe local en una oportunidad para mantener y mejorar la agricultura, construyendo un nuevo modelo que presenta interés universal. Para ello, sin que mediara ninguna organización estatal que impusiera de manera compulsiva la protección y el control del territorio, la comunidad entendió que debía favorecer el tránsito de la arena de forma aerodinámica, sin interponerle ninguna clase de obstáculo permanente. Desde finales del siglo XIX hasta tiempos recientes, nadie osó levantar una pared, ni mucho menos una vivienda, ni ninguna clase de edificación o infraestructura a lo largo del pasillo por donde los jables atraviesan la isla de norte a sur. Sin embargo, resulta paradójico constatar cómo, en la última década y media, la propia 'planificación' oficial del territorio situó en la zona toda una serie de elementos distorsionadores: desde colinas de desechos de la construcción de bastantes metros de altura en el principal vertedero de escombros de Lanzarote (Fig. 20), situado en la zona de Entremontañas –entre los conos

volcánicos de Mina y Zonzamas, por donde se cuela el principal pasillo de circulación de arena—, hasta la nueva depuradora de la capital (en la misma zona), o incluso una mediana maciza de hormigón en la autovía que conecta Arrecife con el centro de la isla. Estos y otros nuevos obstáculos dificultan severamente el tránsito de la arena, llegando al punto de comprometer la alimentación de las playas que se encuentran en la otra orilla insular (como Guasimeta o Playa Honda), que van perdiendo sustrato, lo que lleva al final a la administración pública a realizar operaciones de “regeneración”, a base de succionar arena del lecho marino, con costes económicos y ecológicos elevadísimos. Sorprende por tanto el que hoy día, con toda la información y los medios técnicos que tenemos a nuestra disposición, lo estemos haciendo tan mal, frente al ejemplo de entendimiento y armonía con el medio que evidenciaba el modelo vernáculo de gestión del jable en los 120 años anteriores.



Fig. 20. Vertedero de escombros y otras infraestructuras públicas que obstaculizan el *corredor del jable* en Lanzarote (fotografía del autor).

En segundo lugar, y adoptando una perspectiva de afirmación constructiva, considero que la experiencia vernácula representa una verdadera *fuentes de inspiración para comunidades y personas creativas de sistemas más sostenibles o perdurables* (o, al menos, *no tan insostenibles y efímeros* como los actuales). Para ilustrar esta idea me valdré de dos ejemplos tomados de la isla de El Hierro, que se relacionan entre sí. Como

es sabido, se encuentra en avanzado estado de desarrollo el proyecto ‘El Hierro 100% Energías Renovables’, consistente en implantar un sistema *hidroeólico*: un neologismo que sintetiza la combinación de energía eólica e hidroeléctrica. La secuencia sería la siguiente (Fig. 21): un parque eólico producirá de forma limpia electricidad todos los días ventosos del año (que son muchos pero, por suerte o por desgracia, no todos); el sobrante de energía también se empleará en desalar agua de mar y bombearla hasta un depósito situado en altura: una caldera volcánica impermeabilizada, que se localiza a 800 m.s.n.m. Desde allí, los días que no hay viento se dejará caer por gravedad a través de una tubería cerrada, hasta una mini-central hidráulica, que aprovechará la energía cinética del agua para mover una turbina capaz también de producir electricidad sin contaminación alguna. Con este dispositivo se logrará obtener toda la electricidad que consume la isla mediante energía limpia, local y renovable (la actual central térmica no se desmantelará, sino que se mantendrá operativa aunque sin funcionar para cubrir eventuales situaciones de emergencia).



Fig. 21. Sistema hidroeólico del proyecto El Hierro 100% Renovable (imagen de Gorona del Viento El Hierro, S.A.).

La pregunta que se suscita es por qué en la pequeña isla de El Hierro se ha decidido dar este importante paso hacia la sostenibilidad, que la va a convertir sin duda en un referente internacional de adecuada gestión de la energía. Aunque no tengo una respuesta segura, ofrezco a la consideración de la persona que llegó leyendo hasta aquí la siguiente hipótesis: la población herreña, de modo general y por razones vinculadas a su experiencia de aislamiento relativo hasta tiempos históricos no lejanos, mantiene una especial sensibilidad y prudencia respecto a cómo articular su futuro basándose en sus propios recursos endógenos. También tiene más presente que otras sociedades insulares un conocimiento cabal de su propio (y pequeño) territorio y un pasado más próximo de autosuficiencia. Un último caso, tomado de la experiencia vernácula, ayuda a sustentar esta idea.

En el extremo nororiental del valle de El Golfo, casi enfrente de los Roques de Salmor, se conservan las antiguas salinas (Fig. 22) que abastecieron de un producto tan básico a la población que habitaba, de forma estacional o permanente, esta comarca herreña.



Fig. 22. Salinas de Las Puntas, en el valle de El Golfo. Al fondo los roques de Salmor (fotografía del autor).

El circuito capaz de producir la sal se construyó, al parecer, a finales del siglo XVII. Para ello se aprovechó el saliente costero formado por un frente de colada reciente que ganó terreno al mar (como otros de la zona, de

donde procede el nombre del paraje: Las Puntas). En su extremo, se labró a pico un depósito que funciona como rebosadero. El agua que lo llena por la acción de los temporales o las mareas más largas del año va discurriendo por un somero canal, tallado también sobre la colada (Fig. 23), hasta un primer depósito situado en el borde de tierra del saliente; de allí se bombeaba hasta un segundo tanque descubierto.

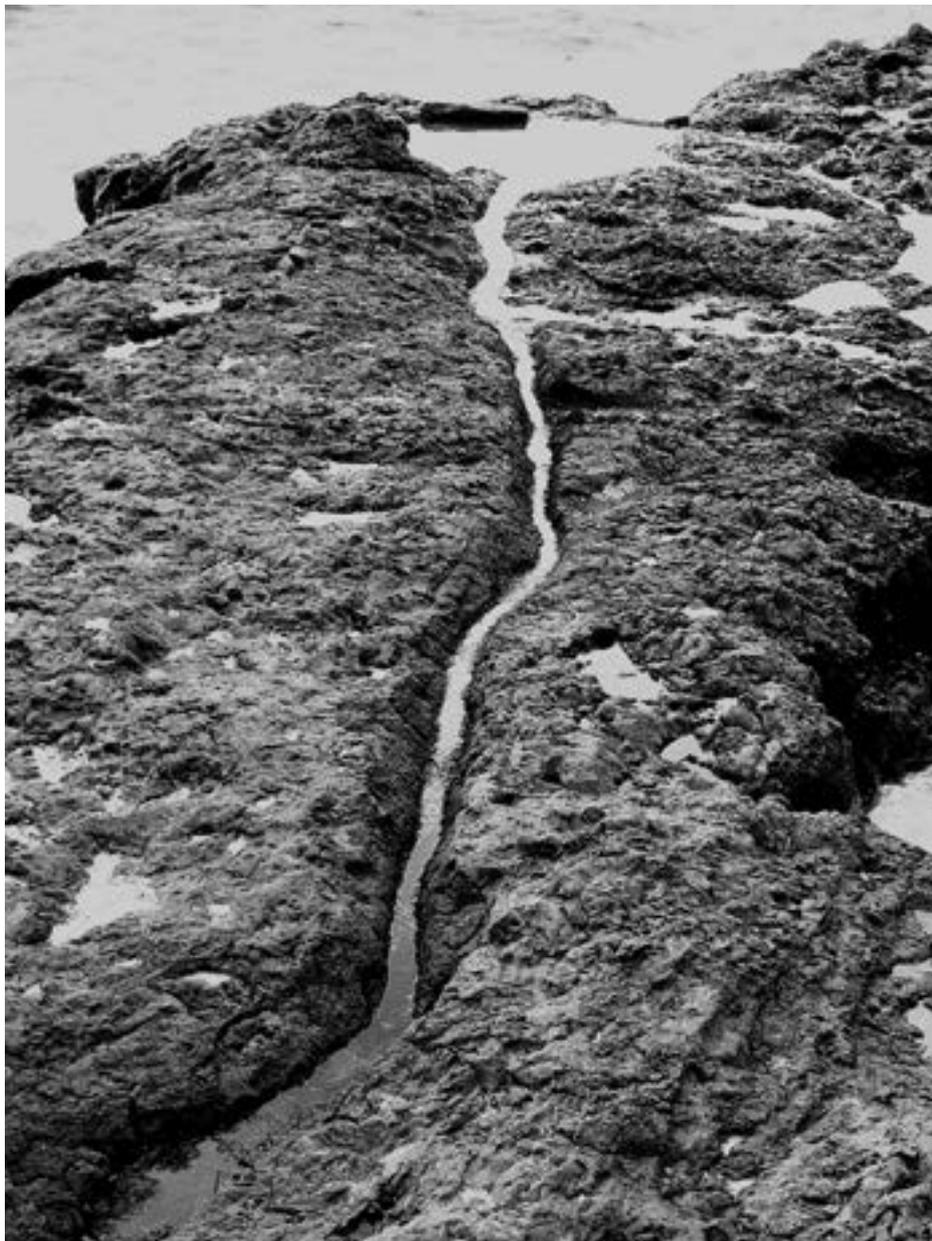


Fig. 23. Rebosadero de las salinas de Las Puntas, en el extremo del saliente de una colada basáltica (fotografía del autor).

Antaño funcionó allí un molino de madera, hoy desaparecido, que aprovechaba el viento reinante para impulsar el agua salada hasta un tercer

depósito superior, de mayor amplitud pero escasa profundidad, que funcionaba como cocedero: la acción de los rayos solares avanzaba la evaporación, produciendo una solución cada vez más densa en sal. Desde esta piscina elevada se dejaba luego caer la salmuera por gravedad hasta la última parte del dispositivo, distribuyéndola en celdas de pequeño tamaño, en cuyo fondo precipita ya la sal y se evaporan los últimos restos de agua.

Todo este ingenio salinero, de apenas 300 metros cuadrados, constituye un patrimonio etnográfico y cultural interesante. Pero a uno le gusta completar su puesta en valor proponiendo la siguiente idea: las salinas de El Golfo representan, en cierto modo, un auténtico museo vivo de cómo la cultura vernácula interpretó el medio y supo sacar provecho múltiple y complejo de distintas fuentes naturales de energía, a saber: la energía de las olas y la de las mareas, para llenar el rebosadero; la energía del viento, para bombear agua hacia arriba; la de la gravedad, para dejarla caer en diferentes fases; y la energía del sol, a lo largo del proceso, para producir la evaporación y obtener finalmente la sal. Una vez diseñado y construido con inteligencia y esfuerzo, el circuito funciona requiriendo una intervención de personas pequeña y puntual, lo que pone de manifiesto un extraordinario acomodo de las capacidades humanas con las del resto de la Naturaleza. Por eso me atrevo a afirmar que es como si en las pequeñas salinas de Las Puntas estuviera ya contenido y en potencia el procedimiento que puede hacer de El Hierro una isla autosuficiente en producción de electricidad.

Ahora sí concluyo: conocer y comprender la experiencia vernácula puede ser la base sobre la que imaginar y construir modelos que parten de ella, pero que la trascienden. Aquella interpretación y gestión de los recursos naturales ofrece, en efecto, numerosas pistas, no para su reproducción mimética, acrítica y descontextualizada, sino para inspirar –dentro del marco sociopolítico vigente o el de su eventual transformación– actuaciones sensatas en múltiples campos (muchos de los cuales no hemos tratado aquí por falta de espacio) como la administración inteligente del agua, el empleo de materiales locales, la adecuada localización y diseño de las viviendas y el hábitat en su conjunto, la gestión de la materia orgánica, el desarrollo de una agricultura respetuosa con los procesos ecológicos esenciales, la asignación de usos al territorio consistentes con su vocación natural... Es decir, actuaciones basadas en poner al día, con todo el bagaje crítico y científico contemporáneo, la parte más digna del esfuerzo por sobrevivir que desplegaron muchas generaciones que nos precedieron. Por eso, parafraseando al escritor Eduardo Galeano, no concibo el pasado como un objeto para la nostalgia sino, en todo caso, como una fuente creativa de *esperanza* hacia el futuro.

*Dedicado a mi pequeña hija María,
con el anhelo de que contribuya y alcance a ver
un Archipiélago y un Mundo más hermoso y sostenible.*

Bibliografía

- AGUILERA KLINK, F. *et al.* (1994). *Canarias: Economía, Ecología y Medio Ambiente*. Francisco Lemus Editor, La Laguna.
- CIORANESCU, A. (1998). *Historia de Santa Cruz de Tenerife, t. II*. Servicio de Publicaciones de la Caja General de Ahorros de Canarias, Santa Cruz de Tenerife.
- GOLDSMITH, E. (1999). *El Tao de la ecología. Una visión ecológica del mundo*. Icaria editorial, Barcelona.
- LORENZO PERERA, M.J. (1987). *Estampas etnográficas de Teno Alto (Buenavista del Norte, Isla de Tenerife, Canarias)*. Ilmo. Ayuntamiento de Buenavista del Norte.
- LOWENTHAL, D. (1998). *El pasado es un país extraño*. Ediciones Akal, Madrid.
- LUENGO, A. & C. MARÍN (1994). *El jardín de la sal*. Ecotopía Ediciones, Santa Cruz de Tenerife.
- MAX-NEEF, M.A. (1994). *Desarrollo a escala humana. Conceptos, aplicaciones y algunas reflexiones*. Editorial Nordan-Comunidad / Icaria Editorial, Barcelona.
- RIECHMANN, J. (2006). *Biomimesis. Ensayos sobre imitación de la naturaleza, ecosocialismo y autocontención*. Los Libros de la Catarata, Madrid.
- SABATÉ BEL, F. (2011). *El país del pargo salado. Naturaleza, cultura y territorio en el Sur de Tenerife (1875-1950)*. Instituto de Estudios Canarios, La Laguna (2 tomos).
- SABATÉ BEL, F., A.C. PERDOMO MOLINA & V. AFONSO ÁLVAREZ (2008). *Las fuentes orales en los estudios de agroecología. El caso del agrosistema de Ycode (Tenerife)*. Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife, Cabildo de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife.
- TOLEDO, V.M. *et al.* (1985): *Ecología y autosuficiencia alimentaria: hacia una opción basada en la diversidad biológica, ecológica y cultural*. Siglo XXI Editores, México.
- TOLEDO, V.M. & N. BARRERA BASSOLS (2008). *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Icaria Editorial, Barcelona.

5. La vida en el suelo.

Papel de los microorganismos en la agroecología

María C. Jaizme-Vega

*Departamento de Protección Vegetal,
Instituto Canario de Investigaciones Agrarias
(ICIA)*

El principal objetivo de la agricultura es producir alimentos para la población. Durante las pasadas décadas, el continuo crecimiento poblacional, tanto humano como animal, convirtió en insuficientes las producciones de la agricultura tradicional y degradó los agrosistemas. Como consecuencia, se produjo una intensificación de la agricultura y una industrialización incontrolada que ha supuesto una sobrecarga de los ecosistemas naturales. Esta circunstancia hace que volvamos la vista hacia soluciones sostenibles y posibilita el nacimiento de nuevos conceptos en agricultura, tales como la agricultura ecológica, la agricultura natural, la biodinámica, etc., con una clara vocación de retorno hacia la naturaleza.

Estas nuevas tendencias cuentan con el problema adicional de la paulatina reducción de las tierras de labor debido a la degradación del suelo y al deterioro de la calidad del agua, consecuencias que aun no han sido valoradas de modo global. Ante estas perspectivas, la agricultura sostenible es la única propuesta que acompaña el suelo y la productividad mediante la integración de biotecnologías y el mantenimiento e incremento del rendimiento agrícola y la calidad del medio ambiente. Las producciones de los cultivos más importantes para la humanidad, tales como el trigo, el arroz, y los cereales comestibles en general, se han visto estancadas o reducidas durante la revolución verde.

Introducción

El suelo es un medio dinámico que alberga y nutre diferentes comunidades microbianas tales como bacterias, actinomicetes, hongos, algas, protozoos, nematodos, etc., los cuales juegan un papel significativo en el ciclado de nutrientes, conversiones biológicas, formación de *humus*, mantenimiento de ecosistema y otras acciones encaminadas a garantizar la vida y la productividad de las plantas.

Las interacciones de los microorganismos de las plantas con el suelo, contribuyen a mantener la agricultura sostenible. Los microorganismos benéficos habitantes de la zona rizosférica, entre los que se incluyen fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo, incrementadores del crecimiento, agentes de biocontrol, transportadores de nutrientes y estabilizadores del suelo, son fundamentales para mantener las producciones. Estos microorganismos tienen mayor capacidad para adaptarse a diferentes ambientes que las propias plantas.

Actualmente, estos factores biológicos del suelo se han convertido en criterios de importancia para valorar la fertilidad del suelo. Hoy en día, el concepto de “calidad del suelo” se relaciona directamente con la productividad, la salud y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Desde el punto de vista agronómico la “calidad del suelo” es expresada como “fertilidad” y define la capacidad de un suelo para soportar sostenidamente plantas sanas y productivas. Las interacciones de las propiedades físicas, químicas, biológicas y climáticas del sistema son las que identifican la fertilidad de los suelos, y los hongos micorrícicos se consideran como componentes clave de dicha fertilidad del suelo, bien sea a través de la propia simbiosis o por su interacción con otros microorganismos de la rizosfera.

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA) se consideran como componentes clave de la fertilidad del suelo, bien sea a través de la propia simbiosis o por su interacción con otros microorganismos de la rizosfera, y su significado agroecológico merece una atención específica. Estos hongos, mediante una asociación mutualística con las raíces de la mayoría de las especies de plantas forman las conocidas micorrizas. Dicha simbiosis se caracteriza por un movimiento bidireccional de nutrientes, constituido por un flujo de carbono desde la planta hacia el hongo y nutrientes inorgánicos a través de una red de hifas de la micorriza hacia la planta. Las micorrizas pueden encontrarse en todos los ecosistemas terrestres bien sean bosques, selvas, desiertos, lagos, etc., y se sabe que su presencia garantiza la salud de la planta y la calidad del suelo. La universalidad de esta simbiosis implica a una gran diversidad taxonómica tanto de hongos como de plantas.

Esta visión global del sistema suelo-planta y las leyes y mecanismos mediante los cuales los microorganismos interactúan con las plantas garantizando, la nutrición salud y por lo tanto la continuidad y evolución de los ecosistemas, se interpreta de manera natural través de la Agroecología, que como ciencia aplicada utiliza conceptos y principios ecológicos para el diseño de agrosistemas sostenibles, donde los insumos externos se sustituyen por procesos naturales como la fertilidad natural del suelo y el control biológico (Altieri, 1995). La Agroecología saca el mayor provecho de los procesos naturales y de las interacciones positivas en los sistemas agrícolas con el fin de reducir el uso de insumos externos y crear sistemas agrícolas más eficientes.

La Agroecología como enfoque científico

Durante el siglo XX, la Agronomía y la Ecología han avanzado por caminos paralelos, sin relación entre ellas. Los límites concebidos *a priori* para cada una, la naturaleza de teórica para una y práctica para la otra las había mantenido relativamente separadas. Tras algunos intentos con dudoso éxito, es a inicios de la década de los 80, ante los graves problemas medioambientales y sociales generados por los modelos de producción intensiva, cuando emerge, para dar respuesta a la crisis ecológica, una disciplina diferente que integra a ambas, la Agroecología. El conocimiento y entendimiento de la agricultura tradicional en países en vías de desarrollo tuvo gran influencia durante este periodo (Gliessman, 2002). Así la Agroecología aparece como una ciencia necesaria para interpretar el grave deterioro de aquellos agrosistemas que requerían cada vez más la utilización de grandes cantidades de insumos y energía para mantener sus capacidades productivas.

Las actuales formas de producción se caracterizan básicamente porque requieren una extracción continua de energía proveniente de la naturaleza. Esta gran cantidad de energía que hay que aportar para el funcionamiento de los sistemas agrarios provoca por una parte, una simplificación de los elementos del mismo (entomofauna, microfauna, variabilidad genética...) y por otra, a su vez, una descarga residual al aire, al agua y a la tierra... que genera grandes cambios y problemas tal vez mayores que los que se pretendía solventar (Porcuna, 2012).

Para muchos científicos, la velocidad de estos cambios ya ha superado la capacidad de adaptación de la propia naturaleza. El efecto invernadero, la lluvia y deposiciones secas ácidas, la disminución de la capa de ozono estratosférica, el incremento de las concentraciones de ozono troposféricas, la deforestación, la desertización, la contaminación del agua, la erosión genética en especies de animales y vegetales, el incremento de plagas y

enfermedades en las plantas cultivadas..., son las señales palpables de la situación de crisis ambiental profunda a la que nos enfrentamos.

En este marco, la Agroecología puede ser definida como “*la disciplina científica que enfoca el estudio de la agricultura desde una perspectiva ecológica, pretendiendo construir un espacio teórico cuyo fin es analizar los procesos agrícolas con un amplio enfoque*”. Es decir, incluyendo las relaciones de todos los elementos que participan en la configuración de un agrosistema, desde el punto de vista del espacio y del tiempo, junto con la perspectiva que incluye los problemas sociales, económicos y políticos, como participantes activos y pasivos en la configuración y desarrollo de los sistemas agrarios (Porcuna, 2010).

Según Gliessmann (1998), los principios agroecológicos descritos en la Tabla 1 y usados en el diseño y en el manejo de los agrosistemas mejoran la biodiversidad funcional de los sistemas agrícolas que es esencial para el mantenimiento de los procesos inmunes, metabólicos y reguladores, claves para la función del agrosistema.

Tabla 1. Principios agroecológicos para el diseño de sistemas agrícolas biodiversos, flexibles, eficientes en el uso de la energía y conservadores de recursos (Altieri & Nicholls, 2012).

Aumentar el reciclaje de biomasa, con miras a optimizar la descomposición de materia orgánica y el ciclo de nutrientes a través del tiempo.
Proveer las condiciones de suelo más favorables para el crecimiento vegetal, en particular mediante el manejo de la materia orgánica y el mejoramiento de la actividad biológica del suelo.
Fortalecer el "sistema inmunológico" de los sistemas agrícolas, mejorando la biodiversidad funcional (los enemigos naturales, antagonistas, etc.)
Minimizar las pérdidas de energía, agua, nutrientes y recursos genéticos mejorando la conservación y regeneración de suelos, recursos hídricos y la diversidad biológica agrícola.
Diversificar las especies y los recursos genéticos en el agroecosistema en el tiempo y el espacio a nivel de campo y del paisaje.
Aumentar las interacciones biológicas y las sinergias entre los componentes de la biodiversidad agrícola, promoviendo procesos y servicios ecológicos claves.

En consecuencia, y tal y como lo describe Porcuna (2012), al agroecólogo le interesa, no solo la maximización de la producción de un

componente particular, sino más bien la optimización del agrosistema como un todo. Se plantea la investigación como interacciones complejas entre personas, cultivos, suelo, animales, etc., por lo tanto, su herramienta de trabajo ha de ser las estrategias que permitan aprovechar las sinergias existentes entre los distintos componentes del agrosistema. Integrar todos estos elementos constituye, sin lugar a dudas, un esfuerzo muy importante para los investigadores que intentan su construcción, ya que trasciende la actuación de los propios grupos interdisciplinarios, en el sentido que, más que requerir una suma de conocimientos, requiere que desde distintas áreas se piense en común, construyendo pensamientos globales que sirvan para diseñar un nuevo y compartido espacio teórico.

La dificultad de la Agroecología con respecto a otras ciencias estriba, en que mientras en las demás, la suma de conocimientos sirve para caminar de lo desconocido a lo conocido, en esta, la globalización o la síntesis desde distintos espacios del conocimiento hacen avanzar desde lo conocido en dirección a lo desconocido. Mientras que en las otras ciencias, el análisis y la reducción sirven para aclarar y separar los elementos de definen un determinado comportamiento, en esta, la globalización de cada una de las parcelas en que se divide y subdivide la ciencia ortodoxa anula los propios presupuestos de partida creándose un espacio para la reflexión en vez de un espacio para la conclusión.

A medida que la Agroecología se desarrollaba y su influencia crecía, esta disciplina contribuyó al desarrollo del concepto de **sostenibilidad** en la agricultura. Según Gliessmann (2002), la palabra sostenibilidad deriva del concepto rendimiento sostenido, es decir la condición de cosechar a perpetuidad cierta biomasa de un sistema que tiene la capacidad de renovarse por si mismo. La propia definición nos aleja del presente y nos hace entender que la prueba de sostenibilidad recae siempre en el futuro, fuera de nuestro alcance. Por lo tanto, solo podremos demostrar cuando una práctica se esta alejando de la sostenibilidad. Por otra parte, hay que aclarar que cualquier definición de sostenibilidad ha de tener en cuenta necesariamente las dimensiones ambiental, económica y social (Labrador y Porcuna, 2006).

El interés de estos planteamientos formulados desde la Agroecología, aumenta cada día dentro del sector agrario convencional, especialmente en temas como el manejo del suelo. Los requerimientos de los mercados de productos ecológicos, sin residuos o con niveles muy por debajo de los que autoriza la legislación de LMRs (Límites Máximos de Residuos) comunitarios, ha provocado, que desde todos los sectores se vuelva la mirada hacia planteamientos agroecológicos con el fin de recabar información de las técnicas y los enfoques que pudieran ser útiles para conseguir estos objetivos. En la actualidad, la Agroecología como enfoque

científico forma parte en la actualidad, de los programas de formación de numerosas Universidades y Centros de Investigación en todo el mundo.

El suelo, reserva de vida

El suelo es un complejo, viviente, cambiante y dinámico componente del ecosistema donde se refugia la gran parte de la biosfera terrestre. Está sujeto a la alteración y puede ser degradado si no se maneja responsablemente. Durante mucho tiempo se consideró como soporte inerte que daba sostén a las plantas y a las actividades humanas como la agricultura, construcción, transporte e industria, entre otras. Dentro de esta concepción se estudiaron ampliamente sus características físicas y químicas, sin desconocer su función de asentamiento, de por sí importante. Por fortuna, hoy en día estamos comprendiendo que el suelo es un sistema vivo, donde los organismos que lo habitan no son temporales, sino parte inherente con profunda influencia en las propiedades del suelo y sus atributos de fertilidad, calidad, salud, sostenibilidad y resiliencia, esenciales para la producción continua de cultivos, conservación del medio ambiente y el bienestar humano. Hoy entendemos mejor por qué toda la vida sobre la tierra firme se inicia en el suelo.

El suelo es un sistema

En primera instancia, y según Sánchez de Prager (2007), el cuerpo llamado suelo es un sistema conformado por varias partes: la fracción mineral, la materia orgánica y los organismos, que constituyen lo que se ha denominado **fase sólida**, el agua, **fase líquida**, y el aire, **fase gaseosa**. Dichas fases trabajan integradamente para conformar ese todo o conjunto que conocemos como suelo.

En la **fase sólida** los materiales inorgánicos o fracción mineral conforman la mayoría del volumen del suelo en términos de masa y superficie. Consiste de minerales primarios o formados a partir de la cristalización de soluciones concentradas de determinados elementos. El intemperismo (proceso de degradación y descomposición que sufren las rocas y los minerales debido a la corrosión atmosférica) de esos materiales origina minerales secundarios: arenas, limos y arcillas y productos solubles, macro y microelementos. De estos minerales secundarios, las arcillas tienen alta influencia en el funcionamiento del suelo.

Dentro de la **fase sólida** está también la materia orgánica, que puede estar viva o muerta, ambas esenciales en los procesos de alteración de los minerales primarios y formación de los secundarios. Esta última proviene de los residuos de plantas y animales en diferentes estados de descomposición, de los restos de otras especies como hifas, esporas,

bacterias, heces y construcciones de organismos (termitarios, pellets fecales, nidos, esporocarpos, entre otros), de sustancias que sintetizan las plantas, como por ejemplo los exudados radicales y los organismos del suelo como las excreciones y secreciones de macro y microbiota, o que se forman por síntesis química. Lo que más comúnmente observamos de ella, a simple vista, es la capa de materiales orgánicos que se forma sobre los suelos y que se denomina mantillo.

Estos restos de materiales orgánicos varían considerablemente en la complejidad de su estructura química. Así, algunos de ellos pueden reciclarse en términos de horas o días (azúcares, ácidos orgánicos), mientras que otros (polímeros con alto peso molecular y gran complejidad) son muy resistentes a la degradación y pueden durar decenas o cientos de años sin sufrir grandes alteraciones.

Con relación a la materia orgánica viva están las raíces de las plantas que constituyen una expresión macroscópica de la vida en el suelo, y los organismos del suelo, desde los grandes mamíferos y el hombre hasta los microorganismos, cada uno de los cuales, ya sea que vivan en la superficie de la Tierra o en el suelo, afecta el desarrollo de este cuerpo natural, en una forma o en otra, como se verá más adelante.

Los minerales del suelo, la materia orgánica y los organismos forman agregados que determinan microambientes, en los cuales transcurre la trama del suelo vivo. Dentro de los agregados, o entre ellos, quedan espacios (poros) que son ocupados por el agua y/o los gases, que constituyen la atmósfera del suelo.

El agua como integrante de la **fase líquida** es componente fundamental del clima, circula una y otra vez entre los organismos vivos y el ambiente abiótico, condiciona la evolución y funcionamiento de los suelos, pues es el principal agente de formación y cambio en ellos, además de ser esencial para la supervivencia y crecimiento de las plantas y los organismos del suelo.

La característica del agua de fluir en el suelo mediante las raíces, tallos, hojas y desde ahí pasar al aire la amplía Odum (1995), así: “Se evapora de la vegetación, los lagos y otras superficies, se filtra en el suelo y se convierte en agua subterránea, y corre por ríos y arroyos hacia el mar. No importa cómo salga el agua del ecosistema, finalmente debe ser repuesta por la lluvia (o lluvia prehistórica almacenada como agua subterránea) para que el comercio, la agricultura, la recreación o cualquier parte de la vida humana continúe como antes”. El suelo se puede entender también como bioacumulador de agua y regulador de los efectos climáticos, cuando manifiesta que “en los suelos se almacena el 40% de toda el agua dulce del planeta”.

Es de tener en cuenta que el agua contenida en el espacio poroso o que se mueve a través del suelo contiene amplia diversidad de materiales

disueltos y suspendidos en ella: orgánicos, inorgánicos y órgano-minerales, es decir, constituye la solución del suelo encargada de proveer agua a la planta y los nutrientes disueltos en ella.

Si hablamos de la **fase gaseosa**, diremos que los gases presentes en el suelo son los mismos que se encuentran en la atmósfera superficial (O_2 , N_2 , CO_2) y otros que provienen del metabolismo de raíces y organismos del suelo (como CH_4 y SH_2). Pueden estar presentes como parte de la atmósfera del suelo, disueltos parcialmente en la solución del suelo o adsorbidos por algunos componentes del suelo (Lavelle & Spain, 2001). La circulación de estos gases está estrechamente ligada a la estructura del suelo.

Las **fases sólida, líquida y gaseosa** sólo se consolidan como sistema suelo cuando conforman un todo que se expresa en propiedades **físicas, químicas y biológicas**, de cuya interacción aparecen propiedades emergentes, fruto de la sinergia y acción integrada de las tres fases y sólo posibles en los sistemas vivientes: fertilidad, productividad, salud, calidad de suelo, sostenibilidad y resiliencia, tal y como se esquematiza en la Figura 1.

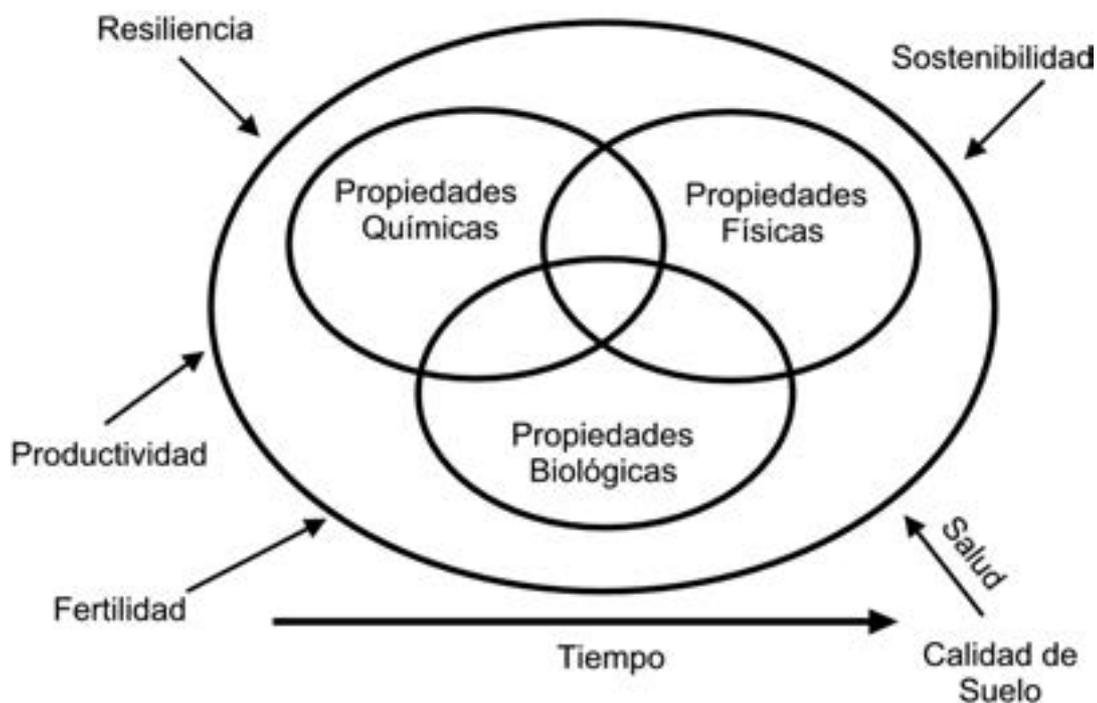


Fig. 1. El suelo como sistema exhibe propiedades físicas, químicas y biológicas que funcionan como un todo. La fertilidad, calidad, salud, sostenibilidad y resiliencia del suelo son propiedades emergentes (según Sánchez de Prager, 2007).

El suelo es un sistema vivo

Dentro del concepto de suelo como sistema vivo es importante precisar que *nace*, sufre una génesis que lleva a su formación; *tiene una estructura*, que la confieren los coloides minerales, orgánicos y los organismos; *posee metabolismo propio*, aspira oxígeno (O₂) y libera gas carbónico (CO₂) mediante procesos de mineralización y síntesis; *forma materiales de reserva*, humus, y como cualquier ser vivo también puede *envejecer y morir*.

a) *El suelo nace...*

Como se afirmó con anterioridad, la génesis de un suelo se inicia en cualquier parte del mundo, en condiciones climatológicas y topográficas específicas, en un proceso evolutivo gradual. Se forma a medida que los materiales parentales se desintegran por procesos **físicos** (acción del agua, la temperatura, el viento, el relieve, etc.), **químicos** (oxidación, reducción, hidrólisis, hidratación, carbonatación, solubilización y posterior precipitación de productos del intemperismo), y **biológicos**, como la perturbación causada por las raíces de las plantas, hormigas, termitas, lombrices y otros organismos que crean canales, poros, agregados, que van a influir en el transporte de agua y gases en el suelo y, por tanto, en el metabolismo del suelo y en la formación de hábitats para los microorganismos, además de las transformaciones físicas y químicas causadas directamente por los organismos vivos y/o sus productos metabólicos.

Diversas sustancias como ácidos orgánicos, CO₂ y enzimas producidos por la biota del suelo, y en especial por los microorganismos, descomponen los minerales, hacen posible la disponibilidad de nutrientes para las plantas y crean biomasa, es decir, un potencial de energía química en forma de carbono que permite el establecimiento de cadenas tróficas o alimenticias (Lavelle & Spain, 2001).

El nacimiento del suelo supone, por lo tanto, la formación de minerales secundarios (arenas, limos y arcillas), la acumulación de materia orgánica (biota y restos orgánicos), disponibilidad de nutrientes, capacidad de almacenamiento de agua y un ambiente atmosférico que permitan su colonización y establecimiento de la trama de la vida.

Los agregados pueden formarse por la fragmentación de partículas grandes como terrones o a través de la aglomeración de las pequeñas, ser resultado de la acción de las raíces de las plantas, fauna y microbiota del suelo o construidos naturalmente. Entre los agregados se generan espacios (poros), a través de los cuales se moviliza el agua en el perfil del suelo. De la presencia, distribución del tamaño de poros y la interconexión entre ellos depende la infiltración del agua, su movimiento lateral y vertical, almacenamiento y su disponibilidad para las plantas.

b) *El suelo se estructura...*

Como se dijo con anterioridad, por la acción integrada de procesos físicos, químicos y biológicos, el material mineral da origen a coloides minerales (arcillas) y condiciones para que se acumule materia orgánica viviente y en forma de residuos. Todos estos materiales, en conjunto con las arenas y limos, dan estructura al sistema suelo que se expresa en agregación, espacio poroso y efectos sobre su funcionamiento. Se puede apreciar esta estructura cuando se desmenuza el suelo ligeramente y se observa el tamaño y la forma de los fragmentos en los que se desintegra (Sánchez de Prager, 2007).

c) *El suelo tiene metabolismo propio...*

Las plantas verdes y algunos microorganismos realizan el proceso llamado fotosíntesis, para lo cual requieren: fuentes de energía y de carbono (C), nutrientes, agua y un sistema enzimático en el cual la clorofila cumple un papel fundamental. La energía la obtienen aprovechando la luz del sol, fotólisis; el carbono, columna vertebral de todas las moléculas orgánicas, lo toman del dióxido de carbono (CO₂) que se encuentra en la atmósfera; el agua (H₂O) y el resto de nutrientes [nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), boro (B), molibdeno (Mo), cobalto (Co), cloro (Cl), cinc (Zn), entre otros] los obtienen del suelo, y con todos ellos producen biomasa alimenticia (glucosa, fructosa, sacarosa, almidón, celulosa, etc.), y al mismo tiempo originan una molécula fundamental para la vida: el oxígeno (O₂), básico para los procesos de óxido-reducción involucrados en la respiración de la biomasa, el cual circula sobre el suelo y dentro de él, haciendo posible la respiración del resto de seres vivos aeróbicos, dominantes en el planeta Tierra.

Durante la fotosíntesis, como molécula inicial, se forma glucosa, que sirve de punto de partida para la síntesis de todos los tipos de alimentos: carbohidratos, proteínas y grasas, como metabolitos primarios. Esta glucosa se puede utilizar en la propia célula donde se fabrica o exportarse a otras. Puede ser usada inmediatamente para la respiración, como combustible, o como material de construcción de nuevas células y tejidos. Puede también ser utilizada por el organismo para producir metabolitos que le ayuden en su defensa y comunicación con otras especies, metabolismo secundario. También puede ser transportada a cualquier punto de la planta, almacenada en forma de almidón y quedar en reserva en ciertas áreas del vegetal, para usos futuros. Una fracción importante de esta glucosa, en forma original o convertida en otras moléculas más grandes, es trasladada a las raíces, y parte de ella, al suelo, a través de los exudados radicales en la rizosfera.

En esta forma, la mayoría de los organismos que viven en el suelo obtienen su ATP utilizando como fuente la energía química proveniente de

la solar almacenada como biomasa en las plantas verdes, trasladada al suelo por la misma planta como exudados radicales y/o como necromasa.

Actualmente conocemos que la descomposición de los residuos orgánicos (biomasa y necromasa) son procesos mayoritariamente biológicos. Entre el 80-100% del CO₂ liberado en el suelo proviene de oxidaciones metabólicas llevadas a cabo por los organismos del suelo, especialmente los microorganismos, tales como bacterias, hongos y protozoos. Su actividad está mediada por la fauna del suelo (macro, meso y microbiota), como lombrices, hormigas, ácaros, milpiés, termitas y otros (Fig. 2).

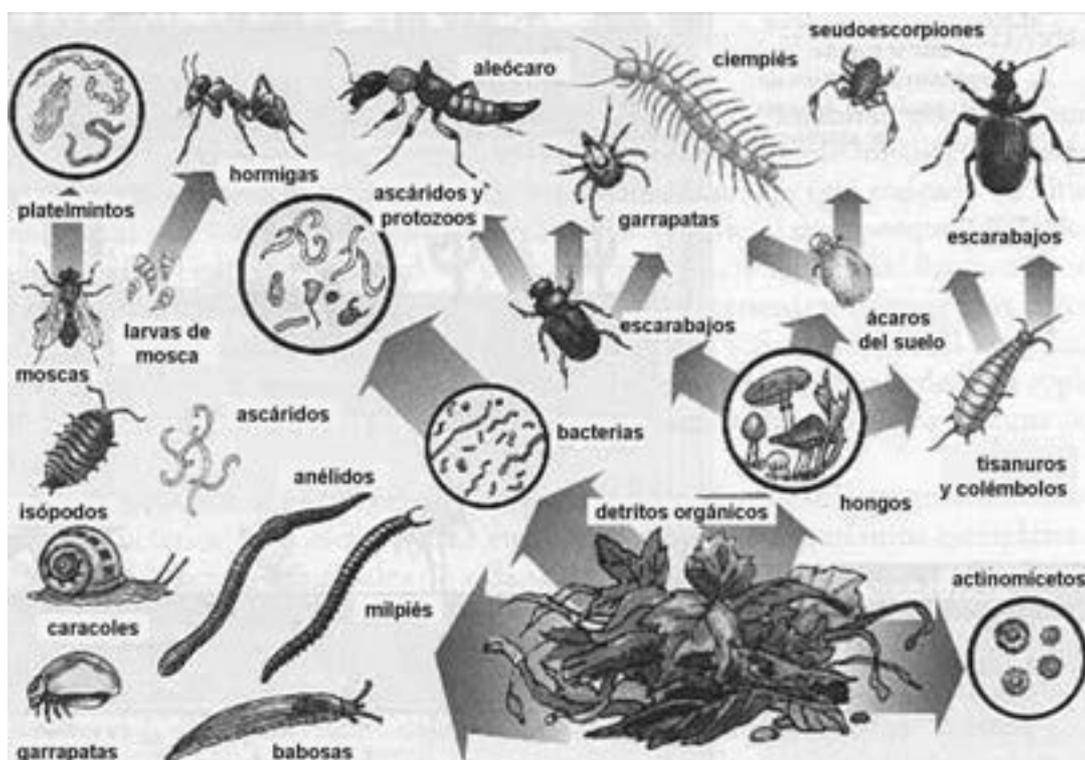


Fig. 2. Protagonistas de la vida en el suelo (tomado de www.esi.unav.es).

La macro y mesobiota parten los residuos orgánicos, mediante su labor de “ingenieros del ecosistema”; al remover el suelo permiten mayor circulación del aire y del agua a través de las perturbaciones que causan; enriquecen la materia orgánica con sus propios metabolitos y, a la vez, dispersan los propágulos microbianos. Todos ellos (macro, meso y microbiota) son llamados descompositores o saprófagos (Labrador, 2001). El número y las especies de organismos que pueblan el suelo son determinados en su mayor parte, por la alimentación disponible. Cuanto más alto sea el contenido de materia orgánica (en condiciones de humedad y temperatura adecuadas) habrá más organismos saprófagos que se alimentan de ella. Los saprófagos también gustan de las bacterias y hongos,

que les proporcionan proteínas fácilmente digeribles. A las bacterias, a su vez, les gustan los excrementos animales, ya que en ellos están los alimentos predigeridos.

Las bacterias, hongos, amebas y actinomicetos, por ser muy pequeños, están obligados a digerir o predigerir el alimento fuera de sus organismos, es decir, en el suelo. Para ello secretan enzimas con las cuales descomponen la materia orgánica; en esta forma un suelo activo se caracteriza por la cantidad de enzimas existentes en él. Por lo tanto, las redes tróficas que observamos en la troposfera son una continuación de las que se desarrollan en el interior del suelo y se caracterizan por flujos de energía, de nutrientes y pérdidas asociadas.

Así, se comprende que los flujos de energía química que se originan en el suelo circulan a través del ecosistema y son resultado de complejas interacciones tróficas que conllevan la movilidad de los elementos (ciclos de nutrientes). Los organismos del suelo y su actividad metabólica son fundamentales en el movimiento de los nutrientes, distribución con pérdidas mínimas, al igual que en la velocidad con que son reciclados (Labrador, 2001).

d) *El suelo almacena materiales de reserva humus...*

En el suelo se encuentran tres tipos genéricos de materia orgánica:

- i) los organismos vivos, denominada por Labrador (2001), **materia orgánica “viva”**;
- ii) la materia orgánica activa o fresca, residuos sin descomponer o ligeramente descompuestos, se la llama **lábil**; y
- iii) la materia orgánica descompuesta, material humificado, relativamente estable.

Labrador llama a estas dos últimas fracciones **materia orgánica “no viva”**. Cada una de ellas es importante para la conservación y desempeño del suelo (Fig. 3). La materia orgánica viva en el suelo (macrobiota, microbiota y raíces de las plantas) mediante su metabolismo hace posible la presencia y acumulación de las otras dos fracciones, dependiendo del tipo de vegetación y las condiciones climáticas predominantes.

Los materiales orgánicos lábiles o frescos son la parte más activa de la materia orgánica no viva, se descomponen con relativa facilidad y no están ligados fuertemente con minerales inorgánicos. Tienen tasas de descomposición del 60 a 80% durante el primer año, y en esta forma aseguran el suministro continuo de nutrientes a las plantas.

La fracción de la materia orgánica transformada, relativamente estable, recibe el nombre de **humus**. No sólo están representados en él productos originados por la descomposición de moléculas de alto y bajo peso molecular, procedentes de los tejidos de las plantas, de los animales y los

microorganismos, sino también diferentes reacciones de oxidación, condensación, polimerización y procesos y productos de síntesis microbiana, que dan lugar a compuestos de alto y bajo peso molecular que no se forman en las células vivas y son constituyentes del suelo (Labrador, 2001).

El humus abarca entonces “un conjunto de sustancias muy polimerizadas, de peso molecular relativamente alto, de color oscuro, con propiedades coloidales e hidrofílicas marcadas”, cuya transformación se acompaña de alta resistencia a la biodegradación por su mayor complejidad y porque se asocia comúnmente con los minerales del suelo formando complejos órgano-minerales. El humus posee características importantes para el suelo.

El material húmico contiene la mayor parte de la capacidad de intercambio catiónico de la materia orgánica (cargas negativas que permiten la retención de nutrientes como calcio, magnesio y potasio, entre otros). Las cualidades que posee hacen que el humus se convierta en *material de reserva* en el suelo. El humus podría considerarse como la “cuenta de ahorros” del suelo, dada la forma como se guardan los nutrimentos para que no se gasten de una vez, sino que se vayan liberando lentamente y la planta pueda tener disponibilidad de ellos a largo plazo y en situaciones de agotamiento o estrés.

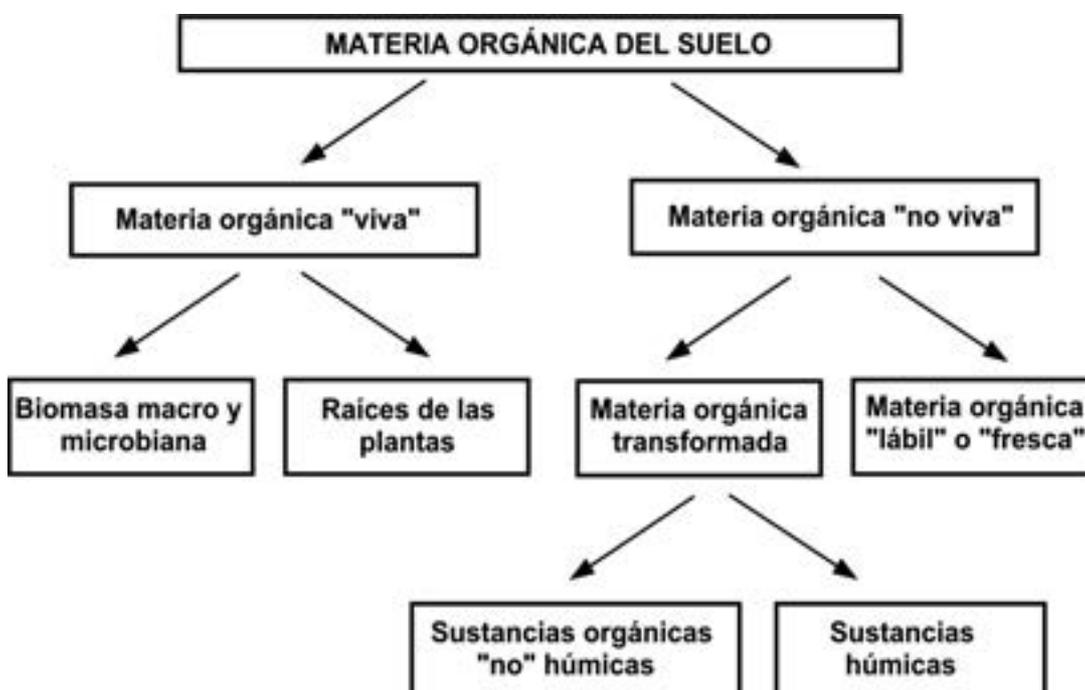


Fig. 3. Fracciones de la materia orgánica del suelo (según Labrador, 2001).

e) *El suelo puede envejecer y morir...*

Así como se han descrito los procesos que dan origen a la formación, desarrollo y funcionamiento del suelo, éste, para permanecer en el tiempo, requiere que se mantengan condiciones de autorregulación que aseguren que las entradas y salidas del ecosistema se compensen. El equilibrio es dinámico y sistémico, como una red formada por múltiples hilos, donde si se rompe uno de ellos afecta a otro y así sucesivamente, hasta que todo el ecosistema se desequilibra, si los hilos no son compensados. Cuando surgen los desequilibrios, el suelo también puede *envejecer y morir*. Este envejecimiento y muerte puede ser ocasionado por procesos como la erosión, la degradación física, química o biológica y el agotamiento o disminución de la fertilidad, que producen el desgaste de la superficie terrestre por las fuerzas del agua, del viento y/o por acciones del hombre. Estos procesos actúan a través de agentes como la deforestación y sequía, donde ocurre la pérdida de la cubierta vegetal del suelo a través de la tala de árboles y bosques que mantienen la vida en el suelo y el agua de los barrancos y los ríos, las quemas, que destruyen en segundos lo que la naturaleza ha tardado en construir cientos de años, el uso equivocado de suelos e inadecuado de maquinaria agrícola, malas prácticas de riego, y la contaminación, que puede ser orgánica a través de basuras, biológica por invasión de plagas y enfermedades, u ocasionada por la aplicación de agroquímicos.

Ligada a la pérdida o disminución de la fertilidad, se encuentra la degradación no erosiva que comprende fenómenos de compactación, pérdida de materia orgánica, acidificación, alcalinización, laterización, encostramiento, formación de compuestos tóxicos, encharcamientos y problemas de drenaje, que se van a reflejar en la pérdida de fertilidad de los suelos, estrechamente vinculados al manejo cultural del suelo (Sánchez de Prager, 2007).

Los microorganismos, responsables de la fertilidad y de la salud del suelo

Durante el pasado siglo, la producción agrícola mundial presentó una gran evolución y un incremento en los rendimientos con la aplicación de fertilizantes minerales y productos químicos. El mantenimiento a través de los años de dichos rendimientos requirió de dosis masivas de diversos insumos de este tipo, generando una serie de factores negativos en los agroecosistemas, tales como acumulaciones de nitratos, nitritos, pesticidas y otras sustancias perjudiciales desde el punto de vista ecológico. Entre las consecuencias negativas de estos manejos agrícolas están los efectos

adversos sobre los habitantes microscópicos del suelo y sobre los procesos biológicos que condicionan la fertilidad de los mismos.

Actualmente, estos factores biológicos del suelo se han convertido en criterios de importancia para valorar la fertilidad del suelo, creando la necesidad de orientar los sistemas de producción agrícola hacia nuevas tecnologías basadas en un manejo agroecológico sostenible. Hoy en día, el concepto de “calidad del suelo” se relaciona directamente con la productividad, la salud y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Desde el punto de vista agronómico la “calidad del suelo” es expresado como “fertilidad” y define la capacidad de un suelo para soportar sostenidamente plantas sanas y productivas. Las interacciones de las propiedades físicas, químicas, biológicas y climáticas del sistema son las que identifican la fertilidad de los suelos. Entre estos factores, son quizás los componentes biológicos los últimos que se han tomado en cuenta en investigación y producción de cultivos, a pesar de su papel clave no solo en la fertilidad del suelo, sino en la estabilidad y funcionamiento de los ecosistemas naturales.

Como ya se ha comentado, las partículas minerales y orgánicas del suelo se asocian para formar agregados, constituyendo un entramado que alberga a la fase gaseosa o atmósfera del suelo y a la fase líquida o solución acuosa del suelo. El hábitat resultante es muy favorable para los microorganismos del suelo que se acomodan tanto en el exterior como en el interior de los agregados, y se asocian a las raíces de las plantas creando una zona en torno al sistema radical de gran actividad conocida como “**rizosfera**”. A pesar de la gran diversidad de tipos de microorganismos que co-habitan en la zona rizosférica (bacterias, hongos, algas, protozoos, nematodos, virus, etc.) la mayoría de los estudios están dirigidos a las bacterias y a los hongos. Estos microorganismos se relacionan de bien manera saprofitica o simbiótica con las plantas ocasionándoles en muchos casos beneficios y en otros enfermedades (Barea *et al.*, 2002). Algunos microbios establecen con la planta las llamadas simbiosis mutualistas (dos microorganismos íntimamente asociados que se benefician mutuamente). Hay tres tipos de microorganismos dentro de este grupo:

- a) bacterias promotoras del crecimiento vegetal (conocidas como PGPBs por sus siglas en inglés),
- b) hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA), y
- c) bacterias fijadoras de N_2 atmosférico.

Las bacterias promotoras del crecimiento son capaces de mejorar el desarrollo de las plantas a través de un mejor aprovechamiento de los nutrientes y protegiéndolas frente a enfermedades. Las bacterias fijadoras de N_2 , proporcionan a las plantas N_2 atmosférico. Los hongos MA mejoran el crecimiento, la nutrición, las relaciones hídricas y la salud de las plantas, además de la calidad del suelo (Fig. 4).

Por todo ello, los hongos MA se consideran como componentes clave de la fertilidad del suelo, bien sea a través de la propia simbiosis o por su interacción con otros microorganismos de la rizosfera, y en significado agronómico merece una atención específica.

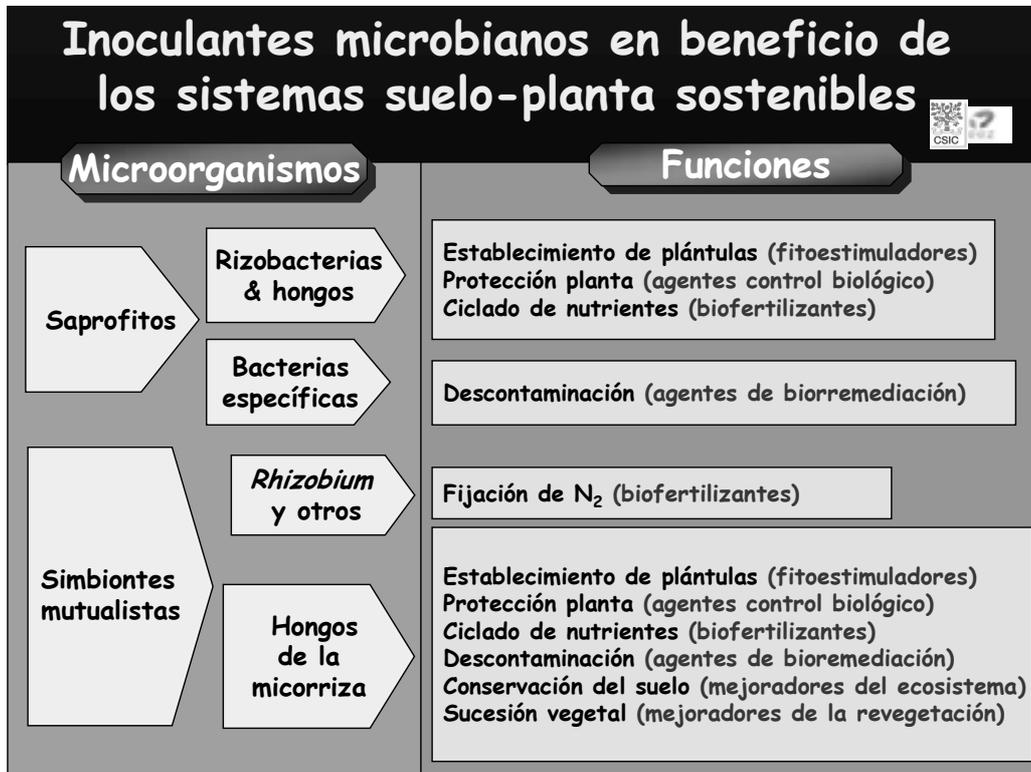


Fig. 4. Papel de los diferentes microorganismos del suelo en el sistema suelo-planta (según BAREA, 2009).

Las micorrizas arbusculares

Este tipo de simbiosis, de carácter universal, se establece en más de un 80% de las especies de plantas que cubren la corteza terrestre. La forman muchas especies de interés agronómico (leguminosas, gramíneas, compuestas, rosáceas, labiadas, etc.) pertenecientes a las diferentes zonas agroclimáticas del planeta (áridas, tropicales, templadas, frías, etc.).

El origen de las micorrizas arbusculares está ligado al origen de las plantas y el primer indicio de ello lo presenta un fósil vegetal del Devónico cuyas raíces forman una asociación micorrícica. Esta y otras evidencias similares nos indican que estos hongos estaban presentes desde los primeros estadios de la evolución de las plantas.

Esta asociación simbiótica garantizaba desde los primeros momentos un sistema biológico capaz de facilitar a las plantas la adquisición del P, de manera similar al desarrollado por las cianobacterias especializadas en la fijación de C y N atmosféricos. Esta habilidad de las hifas es la principal razón que justifica el beneficio de esta simbiosis en suelos deficientes en fósforo. Además de este macro-nutriente la simbiosis micorrícica aporta a la planta amonio, nitrato, cobre y cinc y otros microelementos (Fig. 5).

Otros reconocidos beneficios de estos hongos es su capacidad para mejorar la salud de la planta, incrementando su protección frente a estreses de tipo biótico (patógenos de raíz) o abiótico (salinidad, sequía, metales pesados y contaminantes orgánicos), además de mejorar la estructura del suelo mediante la formación de agregados. Las plantas y sus hongos micorrícicos han co-evolucionado hasta nuestros días constituyendo la asociación simbiótica hongo-planta más extendida.

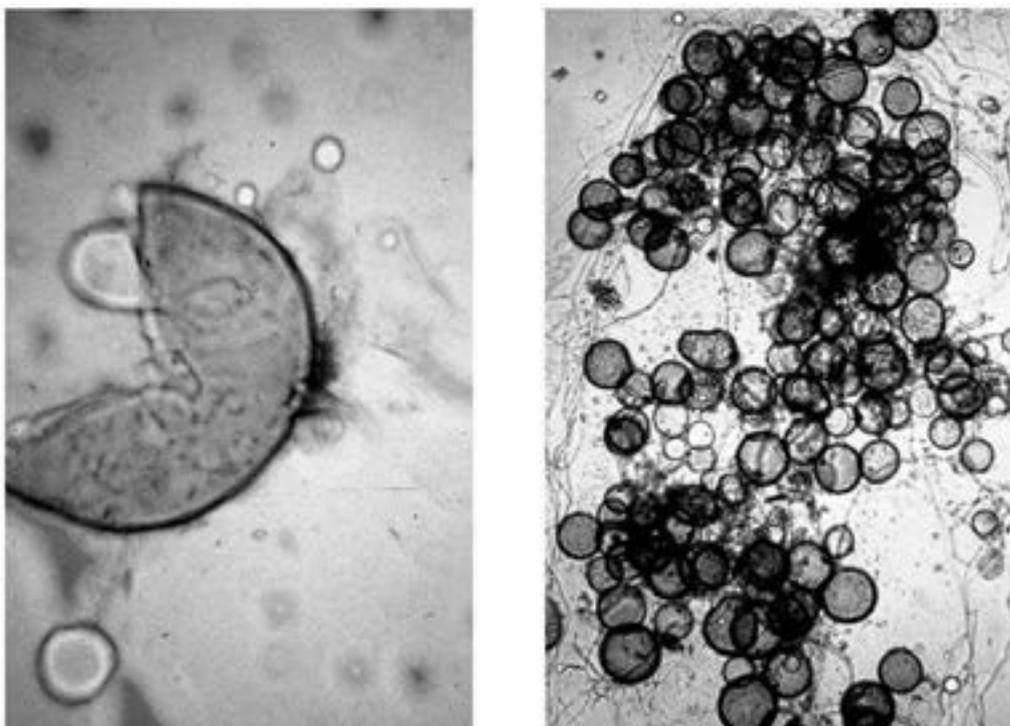


Fig. 5. Espora de *Glomus mosseae* aislado local (izquierda) y esporas de *Glomus aggregatum* aislado local (derecha), dos especies de hongos formadores de micorrizas arbusculares (MA), observadas con el microscopio óptico.

a) Las micorrizas y la agricultura sostenible

Las micorrizas cumplen una función clave en la agricultura sostenible. Bethlenfalvay y Linderman concluyen en un trabajo del 1992 que si “el objetivo es reducir los insumos químicos por razones ambientales y de

salud, entonces se necesita restablecer los hongos micorrícicos y otros microorganismos benéficos a un alto nivel de efectividad para compensar la reducción de insumos”. Esta estrategia coincide con el punto de vista que defiende que el grado de empobrecimiento o desaparición de la microflora micorrícica es un indicador del descenso en estabilidad del sistema planta-suelo, de la misma forma que el nivel de estrés causado por las prácticas culturales es una medida de sostenibilidad de la agricultura (Bethlenfalvay, 1992).

De acuerdo con esta visión, la agricultura sostenible solo es posible mediante un aprovechamiento óptimo y responsable de los microorganismos y otros pobladores del suelo (Fig. 6). La importancia de los hongos micorrícicos no estriba solo en que pueden representar la fracción mayor de la biomasa del suelo, alcanzando hasta 20% del total de masa seca de la micorriza. Su función clave radica en que su abundante micelio intra y extraradical, constituye un enlace o puente entre las plantas y el suelo. Así como se habla de plantas hospedadoras, Bethlenfalvay & Linderman (1992) propusieron el concepto de suelo hospedador para enfatizar el hecho de que, como las plantas, el suelo es un medio viviente. En este sentido, la micorriza influye y conecta los componentes bióticos del suelo entre sí y con los abióticos.

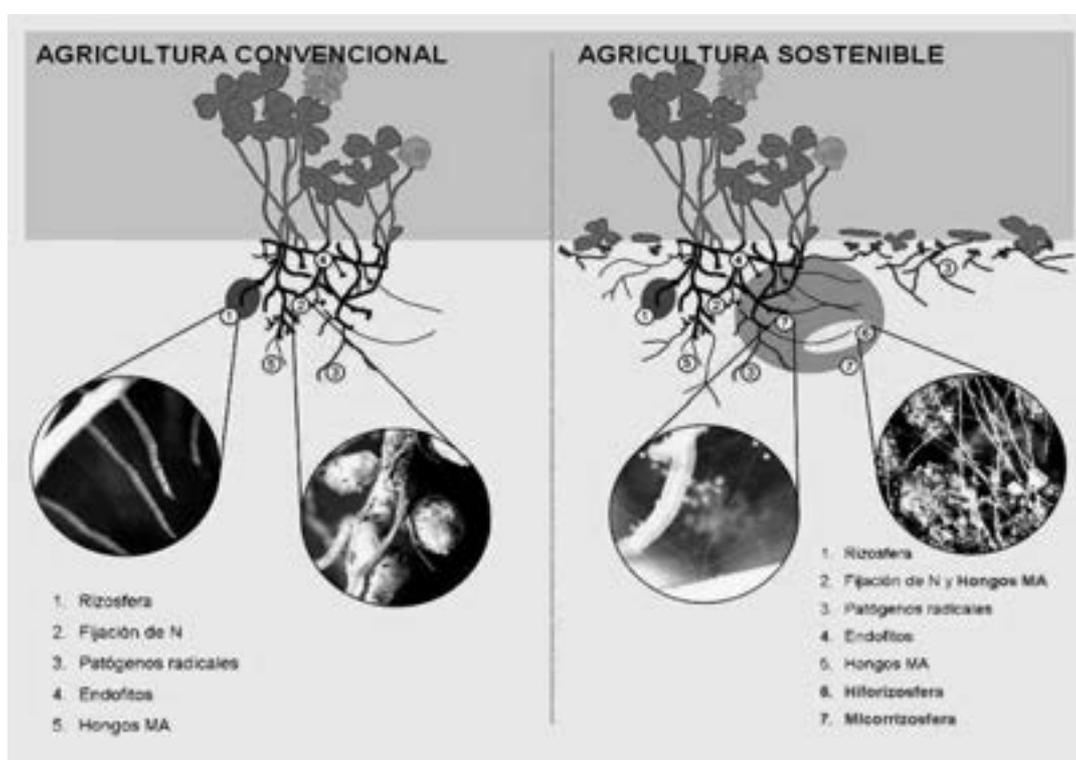


Fig. 6. Vista esquemática de los microorganismos del entorno rizosférico en un suelo manejado según los criterios de agricultura convencional o agricultura sostenible (según Johansson *et al.*, 2004).

Los objetivos que se persiguen con el uso práctico de las micorrizas arbusculares (MA) en los sistemas de producción vegetal (Sieverding & Barea, 1991) son los siguientes:

- Hacer un uso más eficiente del P del suelo y de los fertilizantes fosforados.
- Optimizar la productividad de los suelos y cultivos con niveles bajos de insumos.
- Hacer posible y rentable la producción vegetal en determinadas condiciones adversas.
- Ayudar a restablecer cultivos en suelos erosionados o degradados.

b) Las micorrizas, la nutrición de las plantas y las relaciones hídricas

Una parte importante de la biomasa que compone muchos ecosistemas está influenciada por la asociación micorrícica. Tanto los hongos micorrícicos como las raíces, se regeneran rápidamente y son las micorrizas quienes marcan los ritmos y los patrones de los ciclados de nutrientes, mediatizando la adquisición de recursos y la producción vegetal. Son realmente el enlace entre la parte biótica y geoquímica del suelo. Su papel en los agrosistemas sostenibles es muy importante, por lo que es necesario reconocerlas como herramientas potenciales para la salud y la sostenibilidad de las cosechas.

Esta capacidad es especialmente útil en agrosistemas estresados. Las hifas externas del hongo aumentan la capacidad de absorción de la raíz, al extenderse más allá de la zona rizosférica y explorar un mayor volumen de suelo. Esto posibilita una mejor transferencia de agua y nutrientes tales como fósforo, nitrógeno, azufre, potasio, calcio, zinc, hierro y cobre. Esta actividad benéfica se complementa además con una mejora en el movimiento de nutrientes, tales como el carbono entre plantas de igual o diferente especie.

La capacidad de interconexión de los sistemas radicales, posibilita que aquellas plantas que se desarrollan bajo condiciones adversas pueden ser “auxiliadas” por aquellas otras con mejor actividad fotosintética mejor captadas para la producción de nutrientes.

Los hongos micorrícicos juegan un papel importante en la economía del agua en las plantas. Mediante una serie de modificaciones directas de la morfología y la anatomía radical o indirectamente a través de cambios hormonales y estructurales, los hongos MA pueden mejorar la conductividad hidráulica insaturada, optimizando la toma de agua por las plantas. Esto posibilita que las plantas micorrizadas muestren una mejor capacidad de supervivencia que las no micorrizadas en condiciones extremas de sequía. La mayoría de los beneficios de los hongos

micorrícicos se producen gracias a la red micelial extramatricial tridimensional que puede explorar más exhaustivamente el suelo en busca de agua y nutrientes más allá de la zona de influencia de la raíz. En ocasiones, los cultivos están expuestos a condiciones adversas del suelo y del ambiente, tales como sequía y salinidad, temperaturas extremas, pH muy bajo, etc. Los hongos MA promueven en las plantas que los hospedan un mejor balance nutricional que conduce a una mayor tolerancia. Esta circunstancia, junto con una toma de agua más eficiente por parte de las hifas del hongo MA y un mejor ajuste osmótico de las plantas micorrizadas, así como otros mecanismos relacionados con el intercambio gaseoso y la activación de **aguaporinas** (canales proteínicos que facilitan el flujo de agua en la planta) (Barea, 2009), hacen posible una mayor resistencia de las plantas micorrizadas a estos tipos de estrés. Por otra parte, la contaminación del suelo con metales pesados es un problema difícil de resolver en agricultura. El establecimiento de los hongos MA puede ayudar a mejorar los efectos de las plantas empleadas para recuperar suelos contaminados, mediante el incremento de su resistencia frente a estos metales nocivos.

c) Los hongos micorrícicos y los estreses en agricultura

Las producciones agrícolas están muchas veces expuestas a factores estresantes de naturaleza biótica o abiótica, que pueden llegar a afectar los rendimientos. Los microorganismos patógenos de raíz, la sequía y/o salinidad ya comentadas en el apartado anterior y los diferentes contaminantes del suelo (biocidas, metales pesados) son los principales responsables de tales estreses (Jaizme-Vega & Rodríguez-Romero, 2010).

De forma general, se acepta que la micorrización mejora la condición sanitaria de las plantas, aunque no se ha demostrado ningún mecanismo de control biológico directo asociado al hongo MA y se intuye que la micorrización está implicada en dicho control (Linderman, 1994). Los hongos formadores de MA pueden contribuir a aliviar los daños producidos por hongos patógenos

Diversos autores han puesto de manifiesto la capacidad de las MA para disminuir la severidad de enfermedades causadas por patógenos de distinta naturaleza: hongos patógenos tales como *Fusarium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Verticillium* o por nematodos agalladores (*Meloidogyne* spp.) o lesionadores (*Pratylenchus* sp.) (Jaizme-Vega & Rodríguez-Romero, 2008), constatándose que tal efecto existe y que depende del aislado micorrícico, sustrato y planta hospedadora (Azcón-Aguilar & Barea, 1996; Barea *et al.*, 2005). Los mecanismos propuestos para explicar ese fenómeno se fundamentan en:

- Mejora en el balance nutricional. La planta micorrizada al optimizar la absorción de nutrientes se halla más sana y es más tolerante/resistente. En

cualquier caso, para que esto ocurra, es necesario el establecimiento de la MA previo a la infección del patógeno.

- Competición por los productos fotosintéticos y nicho ecológico. Tanto el simbionte como el patógeno dependen de los mismos productos fotosintetizados por el hospedador. Los tejidos colonizados por la MA son los mismos sobre los que actúa el patógeno, por eso si ese espacio ya está ocupado por las estructuras del hongo MA, la posibilidad de que el agente infeccioso se extienda queda limitada (Cordier *et al.*, 1996).

- Cambios anatómicos y morfológicos del sistema radical. El establecimiento de la micorrización produce un mayor número de raíces laterales y adventicias, que contribuye a la bioprotección y a la fortificación de la pared celular al aumentar la producción de polisacáridos para la lignificación (Jalali & Jalali, 1991), hecho que dificulta la penetración del patógeno (Linderman, 1994; Fusconi *et al.*, 1999).

- Cambios microbianos en la rizosfera. Se originan cambios en la composición y distribución de exudados radicales, al tiempo que el desarrollo en el suelo del micelio de la MA provoca modificaciones físicas en el entorno adyacente a las raíces, ya que representa una fuente de carbono para las comunidades microbianas de la zona, lo que lo convierte en un elemento fundamental en las interacciones con aquellos componentes de la microbiota, implicados en la mejora de la salud y desarrollo vegetales y la calidad del suelo (Bethlenfalvay & Schüepp, 1994).

- Resistencia sistémica inducida (RSI). Muchos de los compuestos que están implicados en actividades de defensa tales como fitoalexinas, quitinasas, arginina, isoflavonoides, enzimas glucanólíticas, etc., son potenciados por la micorrización (Pozo *et al.*, 1999; Slezack *et al.*, 2000).

d) Las micorrizas, como mejoradoras de la calidad del suelo

El suelo es responsable de la salud y la productividad de los cultivos. La calidad del suelo depende de la viabilidad y diversidad de la vida que contenga, ya que dicha biota es la base para la estabilidad y salud del agrosistema. Este nuevo concepto altera la antigua concepción del suelo como una fuente básica de recursos para la agricultura, concibiéndolo como un sistema complejo, frágil y dinámico que debe ser protegido y manejado para asegurar su estabilidad y productividad. Este objetivo de sostenibilidad, en agricultura debe ser visualizado como “un máximo de producción con un mínimo de pérdida de suelo”. Ante esta situación es evidente la importancia de los hongos MA como vínculos excepcionales entre la planta y el suelo.

En los últimos años, se ha revelado el importante papel de las micorrizas para la estructura y conservación del suelo, mediante el efecto aglutinante de las hifas externas. Estas hifas crecen a través de la matriz de

suelo, constituyendo una estructura que a modo de red, sostiene las partículas, favoreciendo la forma de los agregados. Además, se sabe que las hifas de los hongos MA pueden producir grandes cantidades de **glomalina**, una glicoproteína no soluble en agua, que actúa a modo de pegamento natural, como estabilizante de los agregados. La glomalina incrementa la productividad del agrosistema, mejora la aireación del suelo, facilita el drenaje y la actividad microbiana.

La afinidad de las hifas de los hongos de las micorrizas hacia los agregados de suelo, es función de las características de la raíz, de la intensidad de la colonización del hongo y de la cantidad de micelio asociado al sistema radical. La abundancia de estos agregados posibilita, entre otras cosas, una serie de micro-hábitats para otros microorganismos benéficos de la rizosfera y unas estructuras capaces de acelerar el almacenaje de nutrientes y carbono.

e) Las micorrizas y la restauración de ecosistemas degradados

Los diversos procesos degradadores que afectan a los ecosistemas terrestres expresan como primer síntoma visible el deterioro de la cubierta vegetal. Este efecto es concomitante con el empobrecimiento de la calidad del suelo, que se manifiesta en la pérdida de la estructura, incremento de la erosión, pérdida de nutrientes asimilables y materia orgánica, etc., así como con el descenso en la cantidad, diversidad y actividad de los hongos MA (Barea *et al.*, 2005). Consecuentemente, es preciso reintroducir los hongos MA para que las plantas puedan formar la simbiosis en etapas clave de su vida (enraizamiento y establecimiento).

Posiblemente el efecto primordial de la micorrizas, tras ayudar a la planta a enraizar, sea el reinicio o aceleración de los ciclos biogeoquímicos de los nutrientes minerales, particularmente fósforo y nitrógeno (Barea, 1991; Fitter, 2006), evaluable por técnicas isotópicas. Otro efecto importante de la MA es que facilitan la captación de agua (Sánchez-Díaz & Aguirreolea, 2002).

Otro efecto destacable de las MA en la restauración de hábitats degradados se basa en la importante contribución de las micorrizas en los procesos de formación de agregados estables, lo cual contribuye directamente en la mejora de la calidad del suelo (Miller & Jastrow, 2000; Barea *et al.*, 2005). Son de destacar las investigaciones que han definido la participación en el proceso de la ya nombrada glomalina, una glicoproteína producida por el micelio externo del hongo MA que desempeña un importante papel en el proceso de agregación.

Otra contribución importante del micelio externo es ser la base de una red de hifas y propágulos que se extiende por el suelo, fundamental para que se establezcan nuevas plántulas e incremente la diversidad de especies. Así mismo el micelio es crítico para interconectar plantas de distintas

especies en la comunidad, lo que facilitaría intercambio de nutrientes minerales y carbono entre ellas.

Teniendo en cuenta las premisas referidas anteriormente, no es de extrañar que en los últimos años se hayan desarrollado diversos experimentos basados en la prospección y aplicación de la MA en programas de restauración de ecosistemas degradados. Como resultado de diversos ensayos, se ha comprobado que la inoculación con hongos MA autóctonos beneficia el desarrollo de las plantas y produce una mejora en las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, tales como el estado de agregación, contenido en nitrógeno y materia orgánica, número de propágulos micorrícicos, actividades enzimáticas, etc., lo que indica una restauración integral, clave para la estabilidad y sostenibilidad de estos ecosistemas (Barea *et al.*, 2005).

f) Influencia de las prácticas agrícolas sobre las micorrizas

• Prácticas que estimulan a los hongos micorrícicos

- *Selección de plantas y cultivares micótrofos.* Es obvio que una de las mejores formas de favorecer el desarrollo de hongos arbusculares en el suelo será implantar cultivos de alta compatibilidad o susceptibilidad. Dentro de una especie vegetal puede haber cultivares más susceptibles que otros. Generalmente, las plantas con alta demanda de fosfato (leguminosas) o pobre sistema radical (cebolla, papa) responden mejor a la micorrización.

- *Rotación de cultivos.* Esta práctica tiene efectos positivos sobre la colonización y esporulación de hongos arbusculares cuando las secuencias de cultivos incluyen plantas altamente micotróficas. Por el contrario, rotaciones o monocultivos con plantas no hospedadoras empobrecen la densidad de propágulos de estos hongos en un suelo (Abbott & Robson, 1991).

- *Asociación de cultivos.* Combinaciones de leguminosas y gramíneas representan buenos ejemplos de cultivos múltiples o intercalados en los cuales la leguminosa aporta el nitrógeno al sistema, gracias a la intensa actividad de fijación bacteriana de ese elemento que se lleva a cabo en los nódulos de las raíces, en tanto que la gramínea, en base a su alta susceptibilidad a ser colonizada por los hongos arbusculares, favorece a las micorrizas (Fig. 7).

- *Otros tipos de cultivos múltiples, en los que no se incluyan leguminosas,* también pueden resultar de valor en la conservación de poblaciones de hongos MA en los suelos. Es el caso de combinaciones entre plantas de alta micotrofia y aquellas a las cuales se asocian

bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre, las cuales pueden estimular la infectividad y la formación de micorrizas efectivas.

- *Uso de enmiendas orgánicas.* La aplicación de enmiendas orgánicas es bien conocida como práctica estimuladora de la vida del suelo, aparte de su valor fertilizante. Es claro que la materia orgánica sirve de sustrato para el crecimiento de una rica comunidad de microorganismos del suelo favoreciendo los procesos tróficos de transferencia de nutrientes y, por tanto, estimulando el desarrollo de las plantas.

- *Fertilización fosforada controlada.* El uso de roca fosfórica como sustituto de los fertilizantes fosforados solubles resulta de gran interés, ya que es bien conocido que niveles altos de fósforo soluble son perjudiciales para la formación y efectividad de las micorrizas. En general, la aplicación de fuentes poco solubles de este macronutriente resulta coherente con un manejo sostenible del suelo, puesto que garantiza una liberación paulatina y no contaminante del elemento en formas asimilables por las plantas.



Fig. 7. Cultivo asociado de batata y millo en una finca con manejo agroecológico en Niquero (Cuba).

- *Introducción de cepas de hongos seleccionados en el suelo.* Las diferentes especies de hongos e incluso sus cepas muestran distintos grados de efectividad para mejorar el crecimiento de las plantas. También muestran diferentes tolerancias a los fitofármacos (herbicidas, nematicidas, etc.) y prácticas de fertilización propias de la agricultura actual. Cuando en un suelo la población natural de hongos arbusculares

haya sido eliminada o la que exista sea poco efectiva, puede ser aconsejable "importar" un hongo seleccionado.

- *Mantenimiento de temperatura y humedad del suelo en niveles correctos.* Se ha puesto de manifiesto que el porcentaje de infección aumenta al incrementarse la temperatura hasta alcanzar un máximo a los 30°C. A partir de esta temperatura la infección decrece, y por encima de 40°C se produce la inhibición completa de la germinación de esporas de ciertos hongos arbusculares (Harley & Smith, 1983). Con respecto a la humedad, se consideran adecuadas para el desarrollo de las micorrizas las óptimas para las plantas, si bien se sabe que un ligero estrés hídrico aumenta la esporulación del hongo, factor de interés para, por ejemplo, introducir un cultivo como inoculante de suelo.

• ***Prácticas que reprimen o eliminan a los hongos formadores de micorrizas***

Un suelo puede mostrar baja capacidad infectiva como consecuencia del tipo de manejo que haya recibido. Entre estas prácticas represivas tenemos la fumigación o desinfección, quemas de rastrojos o rozas, barbechos desnudos, desmontes, inversión de horizontes edáficos, laboreo agresivo o actividades mineras entre otras (Dodd & Thomson, 1994).

Bibliografía

- ABBOTT, L.K. & A.D. ROBSON (1991). Factors influencing the occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizas. *Agriculture Ecosystem Environmental* 35: 121-150.
- ALTIERI, M.A. (1995). *Agroecology: The Science of Sustainable Agricultura*. 2ª Ed. Westview Press: Boulder CO.
- ALTIERI, M.A. & C. NICHOLLS (2012). Agroecología: única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. Una contribución a las discusiones de Rio+20 sobre temas en la interfase del hambre la agricultura, y la justicia ambiental y social. Informe de SOCLA (Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología) para la Reunión de Río + 20 (junio 2012). 21 pp.
<http://rio20.net/propuestas/agroecologia-unica-esperanza-para-la-soberania-alimentaria-y-la-resiliencia-socioecologica>
- AZCÓN-AGUILAR, C. & J.M. BAREA (1996). Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens. An overview of the mechanisms involved. *Mycorrhiza* 6: 457-464.

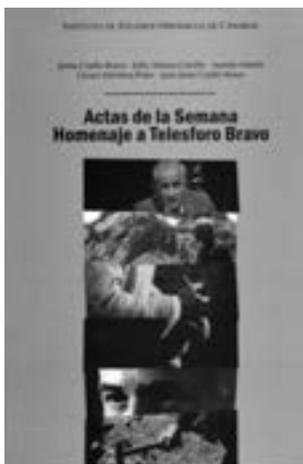
- BAREA, J.M. (1991). Vesicular-arbuscular mycorrhizae as modifiers of soil fertility. En: B.A. Stewart (Ed.) *Advances in soil science*. Springer Verlag, New York. pp. 1-40.
- BAREA, J.M. (2009). Mycorrhizas and agricultural fertility. En: J. Bonilla (Ed.): *Current Topics in Agriculture*. Editorial Studium Press. USA.
- BAREA, J.M., R. AZCÓN & C. AZCÓN-AGUILAR (2002). Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Anton Van Leeuwenhoek* 81: 343-351.
- BAREA, J.M., R. AZCÓN & C. AZCÓN-AGUILAR (2005). Interactions between mycorrhizal fungi and bacteria to improve plant nutrient cycling and soil structure. En: Buscot, E. & A. Varma (Eds.) *Microorganisms in Soil: Roles in Genesis and Functions*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. pp. 195-212
- BETHLENFALVAY G.J. (1992). Mycorrhizae in the agricultural plant-soil system. *Symbiosis* 14: 413-425.
- BETHLENFALVAY G.J. & R. LINDERMAN (1992). Mycorrhiza and crop productivity, en *Mycorrhizae in sustainable agriculture*. American Society of Agronomy, special publication n° 54, Madison WI. pp. 1-27.
- BETHLENFALVAY G.J. & H. SCHÜEPP (1994). Arbuscular mycorrhizas and agrosystem stability. En: Gianinazzi, S. & H. Schüepp (Eds.) *Impact of arbuscular mycorrhizas on sustainable agriculture and natural ecosystems*. ALS, Birkauer Verlag, Basel, Switzerland. pp: 117-131.
- CORDIER, C., S. GIANINAZZI & V. GIANINAZZI-PEARSON (1996). Colonization patterns of root tissues by *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* related to reduced disease in mycorrhizal tomato. *Plant and Soil* 185: 223-231.
- DODD, J.C. & B.D. THOMSON (1994). The screening and selection of inoculant arbuscular-mycorrhizal and ectomycorrhizal fungi. *Plant and Soil* 159: 149-158.
- FITTER, A.H. (2006). What is the link between carbon and phosphorus fluxes in arbuscular mycorrhizas? A null hypothesis for symbiotic function. *New Phytologist* 172: 3-6.
- FUSCONI, A., E. GNAVI, A. TROTTA & G. BERTA (1999). Apical meristems of tomato roots and their modifications induced by arbuscular mycorrhizal and soilborne pathogenic fungi. *New Phytologist* 142: 505-516.
- GLIESSMANN, S.R. (1998). *Agroecology: ecological process in sustainable agriculture*. Annual Arbour Press, Michigan.
- GLIESSMANN, S.R. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. 1ª Ed., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 359 pp.

- HARLEY, J.L. & S.E. SMITH (1983). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press. London. 483 pp.
- JAIZME-VEGA, M.C. & A.S. RODRÍGUEZ-ROMERO (2008). Integración de microorganismos benéficos (hongos micorrícicos y bacterias rizosféricas) en agrosistemas de las islas Canarias. *Agroecología* 3: 33-39.
- JAIZME-VEGA, M.C. & A.S. RODRÍGUEZ-ROMERO (2010). El papel de hongos formadores de micorrizas y las rizobacterias en la salud de los cultivos. Capítulo 10. En: Labrador, J. & J.L. Porcuna (Eds.) *Conocimientos, técnicas y productos para el control de plagas y enfermedades en agricultura ecológica*. SEAE, España.
- JALALI, B.L. & I. JALALI (1991). Mycorrhiza in plant disease control. En: Arora, K., B. Rai, K.G. Mujkeri & G.R. Knudsen (Eds.) *Handbook of Applied Mycology*. Dekker, New York, USA. pp. 131-154.
- JOHANSSON, J.F., L.R. PAUL & R.D. FINLAY (2004). Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. *FEMS Microbiology Ecology* 48: 1-13.
- LABRADOR, M. (2001). *La materia orgánica en los agrosistemas*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 293 pp.
- LABRADOR, J. & J.L. PORCUNA (2006). Aproximación a las bases técnicas de la agricultura ecológica. En: Labrador, J. & J.L. Porcuna (Eds.) *Conocimientos, técnicas y productos para el control de plagas y enfermedades en agricultura ecológica*. SEAE, España. pp. 19-34.
- LAVELLE, P. & A. SPAIN (2001). *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 652 pp.
- LINDERMAN, R.G. (1992). Vesicular-arbuscular mycorrhizae and soil microbial interactions. En: Bethlenfalvay, G.J. & R.G. Linderman (Eds.) *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. ASA Spec. Publ., Madison, WI. pp. 45-70.
- LINDERMAN, R.G. (1994). Role of VAM fungi in biocontrol. En: Pflieger, L. & R.G. Linderman (Eds.) *Mycorrhizae and Plant Health*. APS, Minnesota. pp. 2-25.
- MILLER, R.M. & D. JASTROW (2000). Mycorrhizal fungi influence soil structure. En: Kapulnik, J. & D.D. Douds Jr. (Eds.). *Arbuscular mycorrhizas: physiology and function*. Kluwer, Dordrecht. pp. 3-18.
- ODUM, E. (1995). *Ecología: Peligra la vida*. 2ª Ed. Interamericana. McGraw-Hill, México. 268 pp.
- PORCUNA, J.L. (2010). La agroecología. Un enfoque necesario para la gestión de los sistemas sostenibles agrarios. *Rincones del Atlántico* 6/7: 392-398.
- PORCUNA, J.L. (2012). Manejo de plagas y enfermedades del suelo desde el punto de vista agroecológico. *Vida Rural* 346: 32-36.

- POZO M.J., C. AZCÓN-AGUILAR, E. DUMAS-GAUDOT & J.M. BAREA (1999). 1,3-glucanase activities in tomato roots inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and/or *Phytophthora parasitica* and their possible involvement in bioprotection. *Plant Science* 141: 149-157.
- SÁNCHEZ DE PRAGER, M. (2007). El suelo: principio y fin de la vida sobre la Tierra. En: Sánchez de Prager, M. (Coord.) *Las endomicorrizas: Expresión bioedáfica de importancia en el trópico*. Universidad Nacional de Colombia. Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias. pp: 31-61.
- SÁNCHEZ-DÍAZ, M. & J. AGUIRREOLEA (2002). El agua en la planta. En: Azcón-Bieto J. & M. Talón (Eds.) *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. M. McGraw-Hill-Interamericana. pp. 17-30.
- SIEVERDING, E. & J. M. BAREA (1991). Perspectivas de la inoculación de sistemas de producción vegetal con hongos formadores de micorrizas VA. En: Olivares, J. & J.M. Barea (Eds.) *Fijación y Movilización Biológica de Nutrientes*. Vol. II. "Fijación de Nitrógeno y Micorrizas". CSIC. pp: 221-245.
- SLEZACK, S., E. DUMAS-GAUDOT, M. PAYNOT & S. GIANINAZZI (2000). Is a fully established arbuscular mycorrhizal symbiosis required for bioprotection of *Pisum sativum* roots against *Aphanomyces euteiches*? *Molecular Plant Microbiology Interaction* 13: 238-241.

INSTITUTO DE ESTUDIOS HISPÁNICOS DE CANARIAS

Títulos previos de la colección 'Actas Semana Científica Telesforo Bravo'



Actas de la Semana Homenaje a Telesforo Bravo

(2006) – 147 pp.
[ISBN 84-611-0482-X]

Jaime Coello Bravo - El hombre que hablaba con las piedras. Una visión de la vida de Telesforo Bravo.

Julio Afonso-Carrillo - Amenazas a la diversidad de plantas marinas por el desarrollo urbano en el litoral: el ejemplo de Puerto de la Cruz.

Aurelio Martín - Aportaciones de D. Telesforo Bravo al conocimiento de la fauna de vertebrados terrestres de las islas Canarias.

Lázaro Sánchez-Pinto - Don Telesforo y la Macaronesia.

Juan Jesús Coello Bravo - Telesforo Bravo y la teoría de los deslizamientos gravitacionales.



Reflexiones sobre una naturaleza en constante evolución

(2007) – 155 pp.

[ISBN 978-84-61189-571]

Luis Espinosa García - Recordando a Telesforo Bravo.

Joaquín Araujo - ¿Es compatible turismo y medio ambiente?

Octavio Rodríguez Delgado - El paisaje vegetal de Las Cañadas: su transformación por la intervención humana.

Guillermo Delgado - Colonización y evolución de vertebrados canarios: reptiles, aves y mamíferos.

Eustaquio Villalba - Evolución del conocimiento geológico de Tenerife.



Naturaleza amenazada por los cambios en el clima

(2008) – 147 pp.

[ISBN 978-84-61264-568]

Emilio González Reimers - Paleodieta y paleonutrición.

Antonio Machado Carrillo - Estudiando a los chascones, récord de biodiversidad en Canarias.

Marta Sansón - Arrecifes y manglares: ecosistemas en la frontera entre la tierra y el mar.

Marcelino del Arco Aguilar - La flora y la vegetación canaria ante el cambio climático actual.

Alberto Brito - Influencia del calentamiento global sobre la biodiversidad marina de las islas Canarias.



Misterios de la Gea: Descifrando los enigmas ocultos en rocas, gases, agua y fuego (2009) – 172 pp.

[ISBN 978-84-613-4817-6]

Francisco Anguita - Marte y la Tierra: historia de dos planetas.

Edelmira Luis Brito - Los recursos hídricos de La Caldera de Taburiente.

Antonio Eff-Darwich - Tenerife bajo las leyes de la física.

Esther Martín González - El legado paleontológico de nuestras islas: un patrimonio a conservar.

Nemesio M. Pérez - Emisiones difusas, dispersas y silenciosas de dióxido de carbono en los volcanes.



Volcanes: Mensajeros del fuego, creadores de vida, forjadores del paisaje (2010) – 156 pp.

[ISBN 978-84-614-3579-1]

Esther Beltrán Yanes - Conviviendo con volcanes en el Valle de Santiago: el paisaje de la comarca de Santiago del Teide antes de la erupción del Chinyero en 1909.

Segio Socorro - Cavidades volcánicas de Canarias. Tipos y génesis.

Pedro Oromí - La fauna subterránea de Canarias: un viaje desde las lavas hasta las cuevas.

Consuelo E. Hernández Padrón - El desconocido y sorprendente mundo de los líquenes que pueblan las lavas.

Salvador Ordóñez Delgado - Estudio de la erupción del Chinyero por Lucas Fernández Navarro, una investigación vulcanológica pionera.

M. Carmen Solana - Peligros asociados a las erupciones de Tenerife, su impacto y reducción en caso de erupción futura.



Biodiversidad: Explorando la red vital de la que formamos parte (2011) – 190 pp.

[ISBN 978-84-615-3089-2]

José María Landeira – Plancton: un universo marino diverso y desconocido.

Esperanza Beltrán Tejera – Los hongos: notables protagonistas en la biodiversidad canaria.

Leopoldo Moro, Juan José Bacallado y Jesús Ortea – Babosas marinas de las islas Canarias.

Wolfredo Wildpret de la Torre – Reflexiones sobre la biodiversidad canaria en el año internacional de la biodiversidad.

Javier Reyes – Sebadales: explosión de biodiversidad en desiertos de arena submarinos.