

DATOS IDENTIFICATIVOS:

1. Título del Proyecto

Aprovechamiento integral de la miel. Elaboración de productos alternativos: hidromiel y vinagre. Una oportunidad de innovación docente mediante la colaboración de diversos departamentos e integración de conocimientos.

2. Código del Proyecto

112014

3. Resumen del Proyecto

En este proyecto docente se plantea una actividad práctica para la que serán necesarios los conocimientos impartidos en diversas asignaturas y en el que participarán profesores y alumnos de las licenciaturas de Bioquímica, Enología, Ciencia y Tecnología de los Alimentos y Grado de Veterinaria. La actividad propuesta supondrá el aprovechamiento integral de la miel, ya que consistirá en la elaboración de dos productos: hidromiel y vinagre de miel. El hidromiel es una bebida bien conocida desde la antigüedad, quizás antes que el vino, es el resultado de la fermentación alcohólica de la miel diluida en agua. Mediante la acetificación del hidromiel se consigue el vinagre de miel. La obtención de estos productos implica la realización de biotransformaciones (fermentación alcohólica y acetificación) para las que es necesario integrar conocimientos de Bioquímica, Microbiología, Ingeniería Bioquímica, Tecnología de los Alimentos y Apicultura, y la adecuada colaboración entre los profesores y alumnos de estas asignaturas. Gracias a la transversalidad del proyecto, a los alumnos de las distintas asignaturas y titulaciones se les plantea una interesante actividad para el aprendizaje, la posibilidad de resolución de problemas reales, la de adquirir nuevos conocimientos y aplicarlos para diversificar las posibilidades de una materia prima (la miel en este caso). En definitiva, se facilitará de esta forma que los alumnos alcancen las competencias transversales y específicas recogidas en las guías de las asignaturas, así como las de tipo profesional establecidas para algunas de las titulaciones involucradas (por ejemplo, Enología). Estas actividades culminarán con la presentación de los productos obtenidos por parte de los alumnos, y cata comparativa con otros productos similares presentes en el mercado.

Entendemos que es un enfoque novedoso en el contexto del espíritu del EEES y del documento CIDUA de las universidades andaluzas.

4. Coordinador del Proyecto

Coordinadores (Máximo dos): (* Si participa en otro Proyecto de esta Convocatoria, marque con una "X" la casilla correspondiente) Nombre y Apellidos	(*)	Departamento	Código del Grupo Docente	Categoría Profesional
José Peinado Peinado		Bioquímica y Biología Molecular	26	TU
Isidoro García García		Química Inorgánica e Ingeniería Química (Área de Ingeniería Química)	76	CU

5. Otros Participantes

Otros Participantes: (* Si participa en otro Proyecto de esta Convocatoria, marque con una "X" la casilla correspondiente	(*)	Departamento	Código del Grupo Docente, si procede	Categoría Profesional (PDI, PAS, becario, alumno, externo a UCO)
Manuel Tena Aldave		Bioquímica y Biología Molecular	26	PDI
José Luis Bonilla Venceslada		Ingeniería Química	76	PDI
Inés M ^a Santos Dueñas		Ingeniería Química	76	PDI
Ana M ^a Cañete Rodríguez		Ingeniería Química	76	Contratada
Arturo F. Chica Pérez		Ingeniería Química	76	PDI
José Manuel Flores Serrano		Zoología	96	PDI
Francisco Padilla Álvarez		Zoología	96	PDI

6. Asignaturas afectadas

Asignaturas afectadas		
Denominación de la asignatura	Área de Conocimiento	Titulación/es
Bioquímica Enológica	Bioquímica y Biología Molecular	Lcdo. Enología
Bioquímica y Microbiología Industriales	Microbiología/ Ingeniería Química	Lcdo. Bioquímica
Tecnología e Ingeniería Enológicas	Ingeniería Química	Lcdo. Enología
Tecnología del azúcar e industrias afines	Ingeniería Química	Lcdo. Tecnología de los alimentos
Apicultura	Zoología	Grado de Veterinaria

MEMORIA DE LA ACCIÓN

Especificaciones

Utilice estas páginas para la redacción de la memoria de la acción desarrollada. La memoria debe contener un mínimo de cinco y un máximo de 10 páginas, incluidas tablas y figuras, en el formato indicado (tipo y tamaño de letra: Times New Roman, 12; interlineado: sencillo) e incorporar todos los apartados señalados (excepcionalmente podrá excluirse alguno). En el caso de que durante el desarrollo de la acción se hubieran producido documentos o material gráfico dignos de reseñar (CD, páginas Web, revistas, vídeos, etc.) se incluirá como anexo una copia de buena calidad.

Apartados

1. **Introducción** (justificación del trabajo, contexto, experiencias previas etc.)

CONTEXTO

El proyecto realizado se inserta en el contexto de la estrategia de innovación y mejora de la calidad docente que, desde hace ya bastantes años, se viene realizando y promoviendo en la Universidad de Córdoba. Entre otros aspectos, se pretende el desarrollo pleno de un modelo docente acorde al EEES.

SITUACIÓN DE PARTIDA

En la Universidad de Córdoba se están impartiendo asignaturas, no sólo de una misma titulación, que comparten muchas de las competencias transversales que pretenden incentivar y se aproximan mucho y complementan en algunas de sus competencias específicas.

Este es el caso de las asignaturas siguientes en las que imparte docencia los participantes relacionados en la presente solicitud:

Asignatura	Titulación/Facultad o Centro
Bioquímica y Microbiología Industriales (BMI)	Bioquímica/Facultad de Ciencias
Bioquímica Enológica (BE)	Enología/Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes
Bioquímica (B)	Grado de Enología/Facultad de Ciencias
Tecnología e Ingeniería Enológicas (TIE)	Enología/ETSIAM
Tecnología del Azúcar e Industrias Afines (TAIA)	Ciencia y Tecnología de los Alimentos/Facultad de Veterinaria
Apicultura (A)	Veterinaria/Facultad de Veterinaria

Las claves entre paréntesis que aparecen a continuación del nombre de las asignaturas, se emplearán más adelante como referencias a dichas asignaturas.

En relación con las competencias transversales o genéricas, se puede resumir lo siguiente:

- La competencia de aplicar los conocimientos teóricos en la práctica, la comparten cuatro asignaturas.
- La de promover una capacidad de análisis y de síntesis, cuatro asignaturas.
- La de aprender a trabajar en equipo y/o en equipo interdisciplinar, tres.
- La de desarrollar un razonamiento crítico, dos asignaturas.
- Y luego, se indican otras competencias, que si bien se recogen en las guías de sólo alguna de las asignaturas, podrían, seguramente, estar incluidas en las demás. Por ejemplo:

- Capacidad de organización y planificación.
- Habilidades para buscar y analizar información de diferentes fuentes.
- Habilidades en las relaciones interpersonales, comunicación oral y escrita.

Por otro lado, si bien todas las asignaturas referidas tienen un carácter aplicado, por la naturaleza de cada una de ellas, así como por el contexto en el que se encuentran, se siguen programas con mayor o menor grado de dedicación a aspectos científicos básicos y/o tecnológicos. Por lo tanto, en relación con las competencias específicas se desea destacar los siguientes aspectos:

- La asignatura "Bioquímica y Microbiología Industriales", aborda, entre otros aspectos, el estudio de las técnicas generales de la Microbiología Industrial: aislamiento de microorganismos con interés industrial, mejora genética de cepas, preparación de inóculos, preparación de instalaciones y medios de cultivo, seguimiento de procesos fermentativos y recuperación de productos de interés industrial. Igualmente, se realiza una introducción sobre aspectos fundamentales de análisis y diseño de biorreactores.
- La asignatura "Bioquímica Enológica" aborda, entre otros aspectos, el estudio del metabolismo de la levadura y procesos fermentativos de interés en la vinificación: metabolismo de azúcares, metabolismo del nitrógeno, fermentación maloláctica, metabolismo de las bacterias acéticas y otros.
- La asignatura "Tecnología e Ingeniería Enológicas", se centra, fundamentalmente, en los aspectos tecnológicos de la elaboración de vino y productos derivados.
- La asignatura "Tecnología del azúcar e industrias afines", se dedica, fundamentalmente, al estudio del proceso de elaboración del azúcar. Sin embargo, en un bloque temático dedicado a industrias afines, aborda el aprovechamiento de un subproducto, las melazas, para la producción de etanol y levadura entre otros productos. Además, también considera el aprovechamiento y procesado de otro producto azucarado, la miel.
- Finalmente, la asignatura "Apicultura" se centra, como no puede ser de otra manera, en aspectos biológicos y prácticos de cuidado de colmenas y elaboración de miel.

Por otra parte, en el contexto del nuevo paradigma educativo, es fundamental la motivación e implicación del estudiante no sólo en la adquisición del conocimiento, sino en su aplicación. En este último sentido, es clave la realización de actividades encaminadas a la resolución de problemas reales que pongan de manifiesto la interdisciplinariedad de éstos y la necesidad de colaboración con especialistas de otras áreas de conocimiento.

QUÉ HACER

En esta situación, se considera muy interesante la realización de una actividad común que permita a los alumnos aplicar los conocimientos adquiridos en la parte teórica de cada una de las asignaturas anteriores para la resolución de un problema que necesita de la concurrencia de diversas competencias para ser resuelto.

Entre otras posibilidades que podrían plantearse, la que se realiza en este proyecto, ofrece, a nuestro entender, la oportunidad de integrar diversos objetivos para la adquisición de competencias específicas y transversales, y todo ello, desde la colaboración entre alumnos y profesores de varias asignaturas, titulaciones y centros.

En concreto, se propone, en el contexto del aprovechamiento integral de la miel, la actividad práctica de elaboración de dos productos: hidromiel y vinagre de miel. Como se sabe, el hidromiel o vino de miel, se realiza mediante la fermentación de los azúcares de la miel para

producir etanol. Por otro lado, el vinagre se obtiene mediante una segunda etapa biológica en la que el etanol del hidromiel se oxida a ácido acético. La fermentación alcohólica se realiza mediante la acción de levaduras, mientras que la oxidación o acetificación se lleva a cabo mediante bacterias acéticas.

Para la resolución del problema son necesarios los conceptos tratados y referidos previamente en las asignaturas indicadas. No sólo se atienden los aspectos básicos de tipo bioquímico, microbiológico y tecnológico, sino que también son importantes otros aspectos tales como los relacionados con la producción de la materia prima y sus posibilidades de aprovechamiento, diversificación y desarrollo de productos y posibles implicaciones socioeconómicas. Se plantean unas actividades a curso completo, con asignaturas de 1er cuatrimestre: Bioquímica Enológica y Tecnología e Ingeniería Enológicas y el resto del 2º cuatrimestre.

Además, la actividad se inserta de lleno en el contexto socioeconómico en el que se ubica la Universidad de Córdoba. En efecto, en las Figuras 1 y 2 [MARM], se muestra, respectivamente, la evolución de la producción de miel en España a lo largo de los últimos años y la distribución por regiones de la producción en 2009. Como se puede observar, la producción ha experimentado un importante aumento desde el año 1990 y, además, la importancia de Andalucía es obvia como se desprende de la segunda figura. Por lo tanto, se está ante un estudio muy cercano a la realidad de nuestro alumnado.

2. **Objetivos** (concretar qué se pretendió con la experiencia)

El proyecto implica objetivos comunes (OC) para todos los alumnos que intervienen, así como objetivos específicos (OE) dependiendo de cada una de las asignaturas. Por otro lado, también se aspira a alcanzar una serie de objetivos para el profesorado que interviene.

Para los alumnos:

1. Identificar posibilidades de aprovechamiento de materias primas y desarrollo de productos (OC).
2. Aprender a identificar todos los aspectos que han de tenerse en cuenta para desarrollar con éxito un proyecto concreto (OC).
3. Coordinarse y planificar las actividades necesarias (OC).
4. Conocer otras aplicaciones y posibilidades de la miel (OE en A).
5. Aproximarse a la aplicación práctica de aprovechamiento de un sustrato azucarado importante: la miel (OE en TAIA, BMI, BE y TIE).
6. Evaluar la idoneidad de la miel para la obtención de los productos deseados. Dilución y adición de nutrientes necesarios y/o complementos para la mejora de sus propiedades sensoriales (por ejemplo polen) (OE en BMI y BE).
7. Seleccionar los microorganismos para los dos bioprocesos a realizar (OE en BMI y BE).
8. Seleccionar los biorreactores y modos operativos que han de seguirse (OE en BMI y TIE).
9. Preparar los inóculos (OE en BMI y BE).
10. Aprender el seguimiento analítico que ha de realizarse para controlar adecuadamente las biotransformaciones (OE en BE, BMI y TIE).
11. Conocer los postratamientos del hidromiel, tanto para su estabilización como para su posterior conversión en vinagre (OE en BE, BMI y TIE).
12. Evaluar sensorialmente los productos obtenidos: procedimientos de cata (OC).
13. Analizar resultados (OC).
14. Poner en común resultados y evaluar experiencias (OC).

Para los profesores:

1. Trabajar en el desarrollo de técnicas de enseñanza innovadoras dentro del modelo EEES.
2. Explorar las posibilidades de equipos docentes multidisciplinares.
3. **Descripción de la experiencia** (exponer con suficiente detalle lo realizado en la experiencia)

De acuerdo con lo indicado previamente, el proyecto ha implicado una serie de etapas:

- Obtención y acondicionamiento de la materia prima.
- Biotransformaciones: fermentación y acetificación.
- Postratamientos y evaluación de productos.

Las etapas anteriores se han concretado en la serie de actividades que se indican a continuación. Para alcanzar los objetivos planteados es necesario que los estudiantes adquieran previamente los conocimientos básicos que se imparten de forma independiente en la teoría y algunas de las prácticas específicas de cada una de las asignaturas implicadas.

Orden	Actividad	Asignaturas implicadas
1	Reunión de coordinación de profesores y colaboradores participantes	Todas
2	Reunión general de alumnos y profesores. Planteamiento del problema y establecimiento de objetivos. Presentación y descripción de materiales y equipos disponibles para el proyecto. Planificación de tareas	Todas
3	Recolección de miel. Separar por calidades y elegir destino comercial: envasado directo, producción de hidromiel y vinagre de miel, etc.	A
4	Evaluar la miel y realizar las correcciones precisas para conseguir un buen sustrato para las biorreacciones posteriores	BE y BMI
5	Selección de la levadura para la fermentación alcohólica. Preparación y adaptación de inóculos	BMI y BE
6	Fermentación alcohólica. Seguimiento de la fermentación y elaboración del hidromiel	BE, TIE y TAIF
7	Postratamientos para la estabilización del hidromiel y acondicionamiento (en su caso) para la elaboración de vinagre	BE y TIE
8	Acetificación del hidromiel	BMI, TIE y TAIF
9	Cata de productos y puesta en común de la experiencia	Todas
10	Realización de la memoria final del proyecto	Todas

4. **Materiales y métodos** (describir la metodología seguida y, en su caso, el material utilizado)

En primer lugar, la materia prima se ha obtenido a partir de las colmenas que los profesores del Dpto. de Zoología (Dr. José Manuel Flores y Dr. Francisco Padilla) tienen en el Campus de Rabanales y que utilizan para el desarrollo de sus investigaciones en el campo de la Apicultura. (Figura 3). Se emplearon 40 kg de miel milflores y se disolvieron en agua caliente hasta tener 130 L de mezcla, para llegar a una densidad de 1090 g/L (Figura 4).

Una vez diluida la miel, se estabilizó la acidez con ácido tartárico y el pH se ajustó con NaOH a 3,3. Antes de la inoculación de la levadura para la fermentación alcohólica, se suplementó con extracto de levadura, ácido glutámico, sulfato amónico y fosfato ácido de potasio. Igualmente, se empleó metabisulfito potásico para alcanzar unos 65 mg/L de sulfuroso en el medio.

La fermentación alcohólica se realizó en un fermentador de acero inoxidable de 250 L, (Figura 5) a temperatura controlada de 20 - 21°C y modo discontinuo. Se utilizó levadura comercial, empleada habitualmente para la fermentación de vinos blancos o de mostos con alta concentración en azúcares, en concreto, levadura Fermol (AEB) (Figura 6).

Una vez clarificado el producto obtenido (hidromiel) puede utilizarse como materia prima para la elaboración de vinagre.

Para la acetificación se empleó un biorreactor Frings de 8 L de capacidad totalmente automatizado (Figura 7). El modo de trabajo que ha de seguirse es semicontinuo tal y como se resume en la Figura 8. En este caso, el modo de trabajo implica, periódicamente, descargar una fracción del volumen total del cultivo sumergido, el volumen restante actúa de inóculo para el siguiente ciclo, añadiéndose poco a poco medio fresco hasta alcanzar el volumen final de trabajo. Consecuentemente, las propiedades del medio de cultivo en el que se desarrolla la población de bacterias acéticas se van modificando con el tiempo.

En concreto, las condiciones de trabajo fueron las siguientes:

- Temperatura constante de 31 °C.
- Caudal de aireación de 7.5 L h⁻¹ por cada litro de medio.
- Descarga rápida del 50 % del medio de cultivo al alcanzar una concentración de etanol de, aproximadamente, 1.0 % (v/v).
- Carga hasta alcanzar el volumen final de trabajo (8 L.) sin superar, en ningún momento, una concentración de etanol superior a 4 % (v/v). Esto implica dos fases diferenciadas durante la carga: una primera fase, en la que la carga se realiza de forma continua con una velocidad de 0.01 mL/min, hasta alcanzar el valor predeterminado para la concentración de etanol durante la carga; y una segunda fase, en la que la adición del hidromiel es semi-continua hasta alcanzar el volumen final de trabajo, sin que se supere el referido valor de la concentración de etanol.

5. **Resultados obtenidos y disponibilidad de uso** (concretar y discutir los resultados obtenidos y aquéllos no logrados, incluyendo el material elaborado y su grado de disponibilidad)

En primer lugar se ha de indicar que se ha conseguido llevar a cabo el proceso completo que se pretendía: partiendo de una materia prima elaborada por miembros del equipo (miel), obtener dos productos adicionales (hidromiel y vinagre de miel) con los que se puede revalorizar parte de la miel que, por diferentes razones, no se puede aprovechar como tal. Para poder llevar a cabo el trabajo ha sido necesaria la participación y el conocimiento de diferentes áreas de conocimiento que, trabajando de modo integrado, ha hecho posible el objetivo buscado. En la Figura 9 se muestra el esquema general de las transformaciones a llevar a cabo.

En la Figura 10 se puede observar la participación de alumnos de las diferentes asignaturas involucradas en el proyecto en el proceso de recolección de la miel.

A continuación, tal y como se ha indicado previamente, se realizó la fermentación alcohólica para la obtención del hidromiel. En la Figura 11, a través de la densidad, se muestra la evolución de la etapa fermentativa en la que, después de aproximadamente 15 días se consigue el vino de miel o hidromiel. En la Figura 12 se muestra el hidromiel y en la Tabla 1 se muestra la composición del producto obtenido.

Una vez se dispone del hidromiel se puede pasar a la obtención del segundo producto que se desea obtener: vinagre de miel. Para ello, mediante un complejo montaje experimental que se ha mostrado en la Figura 7, se lleva a cabo un proceso estrictamente aerobio en el que, fundamentalmente, el contenido en etanol del vino se transforma en ácido acético. Dado el tamaño del biorreactor disponible, cada 30 h aproximadamente se consiguen 4 L de vinagre de miel. En la Figura 13, se muestra, a modo de ejemplo, los perfiles de concentración de etanol, oxígeno disuelto, acidez y volumen del medio a lo largo de varios ciclos. Como se observa, el sistema es bastante estable, repitiéndose el comportamiento de los ciclos. En la Figura 14 se muestra el producto obtenido.

Una vez obtenidos los productos, fueron objeto de una cata en la que además se hizo una puesta en común de la experiencia.

Finalmente, cabe destacar que, aprovechando el “I Congreso de Innovación Docente en Ingeniería Química” celebrado en Granada durante los días 26-27 de Enero de 2012, se presentó una comunicación que fue aceptada como ponencia oral [García-García I. et al, 2012]

6. **Utilidad** (comentar para qué ha servido la experiencia y a quiénes o en qué contextos podría ser útil)

Además de todo lo indicado con más detalle al principio de esta memoria, a modo de síntesis, se podría indicar que la experiencia ha servido para mostrar a nuestros alumnos, especialmente los involucrados en las asignaturas incluidas en el proyecto, que la resolución de problemas reales requiere de la colaboración entre especialistas de áreas diferentes. Que los problemas son multidisciplinares y que es necesario comprender el contexto de los problemas, los diferentes aspectos a tener en cuenta, y la necesidad de una planificación y coordinación para su resolución.

7. **Observaciones y comentarios** (comentar aspectos no incluidos en los demás apartados)

8. **Autoevaluación de la experiencia** (señalar la metodología utilizada y los resultados de la evaluación de la experiencia)

Desde el comienzo de la experiencia se ha pedido a todos los involucrados en el proyecto que indicaran y comentaran todos aquellos aspectos que consideraran de interés: dificultades para su participación, críticas, aspectos positivos, etc.

En general, la experiencia ha sido muy positiva, sin embargo se ha de indicar que se han encontrado algunas dificultades para la coordinación de la participación de los alumnos teniendo en cuenta la disponibilidad horaria. En cualquier caso, se ha de indicar que se detectó un mayor interés por parte de los alumnos de la titulación de Enología. También, por limitaciones de disponibilidad del complejo material científico que es necesario para la realización de alguna de

las partes del proyecto, experiencias de este tipo, sólo son recomendables para asignaturas con bajo números de alumnos.

9. Bibliografía

[MARM]. Anuario de Estadística del Ministerio de Medioambiente, Rural y Marino. <http://www.marm.es>. Página web consulta en Julio de 2011.

García-García, I, Peinado-Peinado, J., Santos-Dueñas, I.M., Chica-Pérez, A.F., Cañete-Rodríguez, A.M., Flores-Serrano, J.M. y Padilla-Álvarez, F. Aprovechamiento de la miel: elaboración de hidromiel y vinagre. Ejemplo de innovación docente en el contexto del EEES. CIDIQ I Congreso de Innovación Docente en Ingeniería Química. Editor: F. Mónica Calero de Hoces, ISBN: 978-84-615-6476-7. Pag 57, 2012

Lugar y fecha de la redacción de esta memoria

Córdoba, 27 de Septiembre de 2012

ANEXO

FIGURAS

Figura 1. Evolución de la producción y valor de la miel desde 1990.

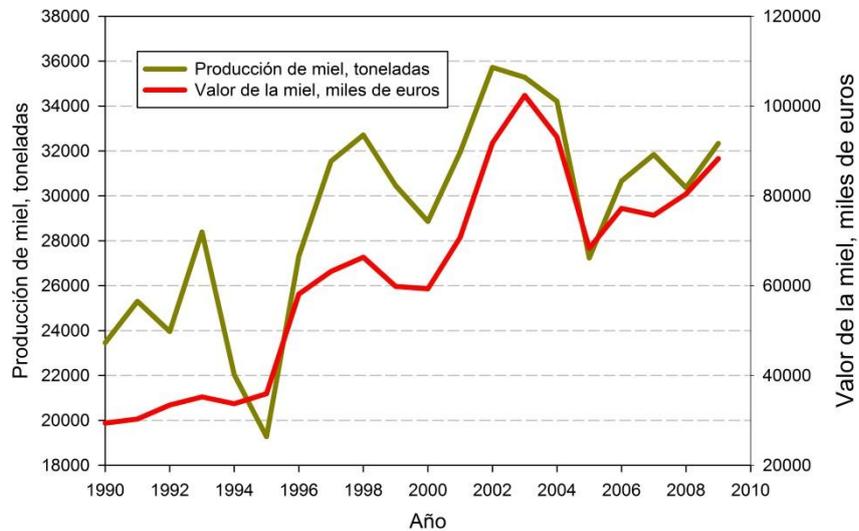


Figura 2. Producción de miel en varias regiones españolas en 2009.

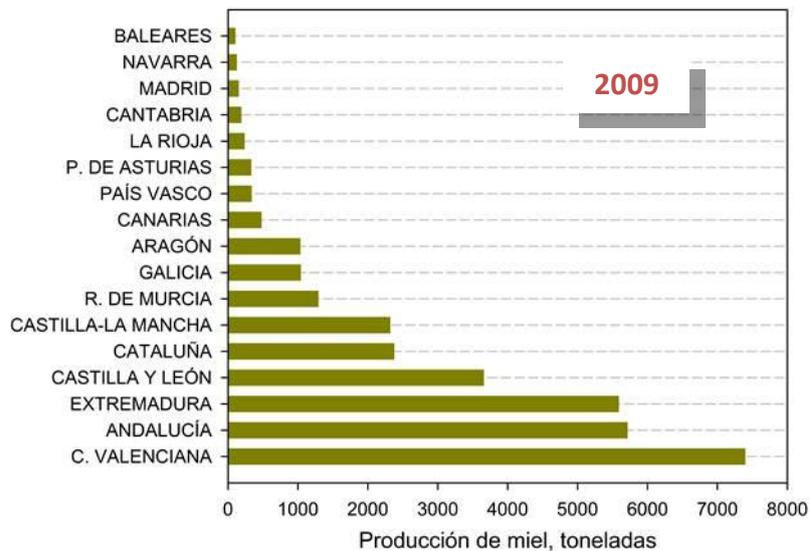


Figura 3. Colmenas en el Campus Universitario de Rabanales. Universidad de Córdoba.



Figura 4. Preparación de la miel antes de su fermentación alcohólica.

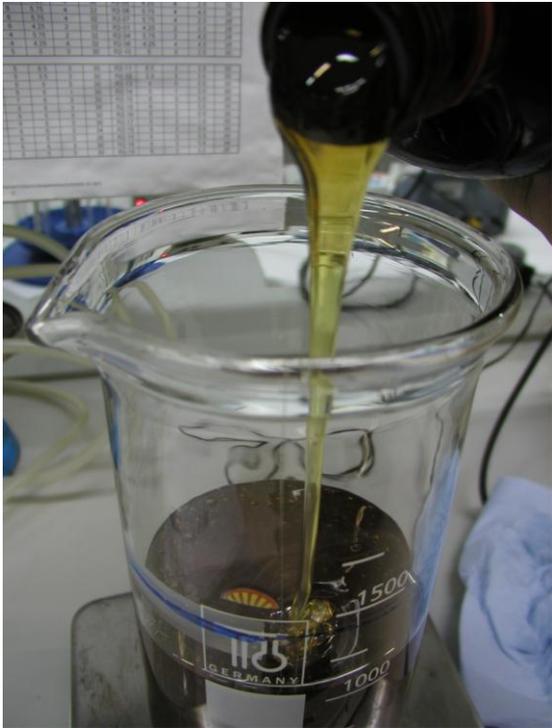


Figura 5. Fermentador para vinificación.



Figura 6. Inóculo de levadura



Figura 7. Planta de laboratorio para acetificación.

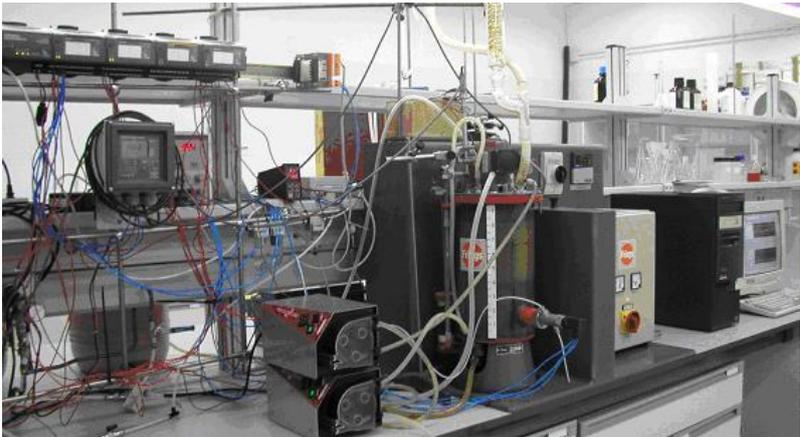


Figura 8 . Modo semicontinuo para la acetificación.

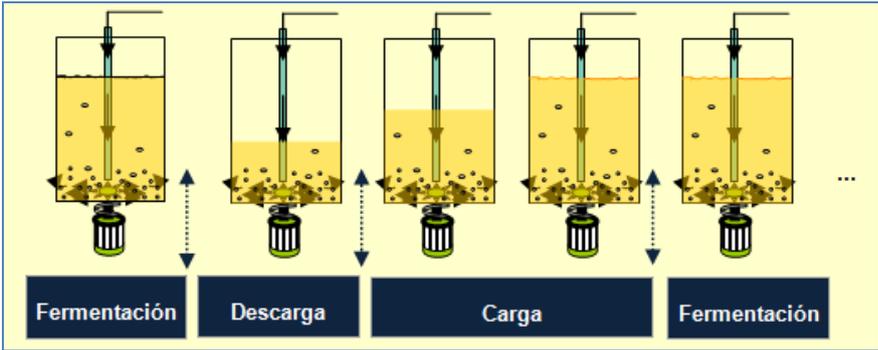


Figura 9. Esquema global para las transformaciones de la miel en el contexto del proyecto.

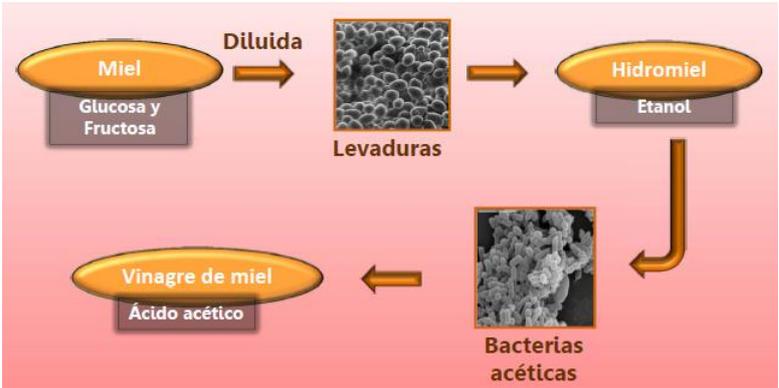


Figura 10. Visitas a las colmenas.



Figura 11. Evolución de la fermentación alcohólica de la miel.

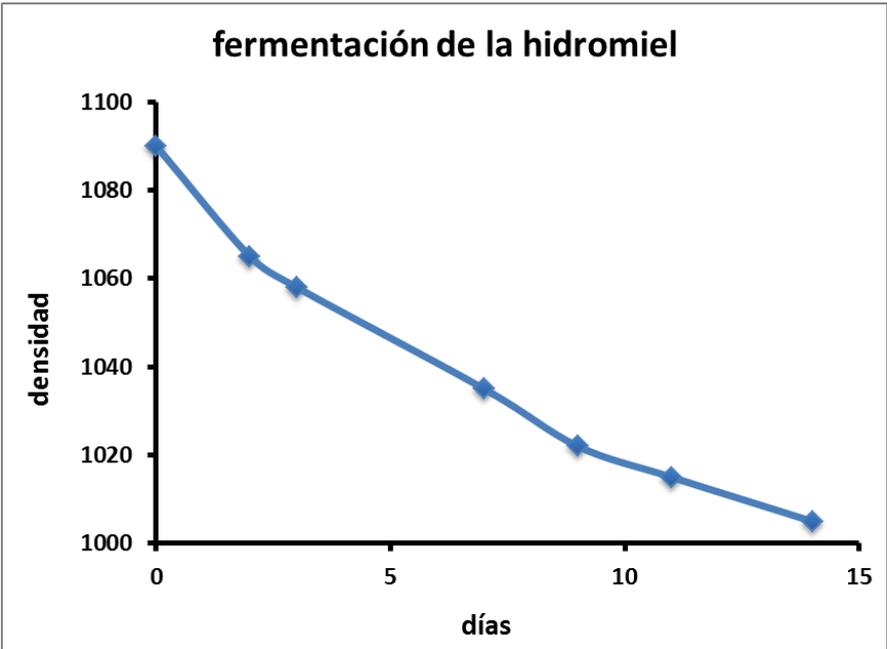


Figura 12. Hidromiel



Figura 13. Ciclos de acetificación del hidromiel

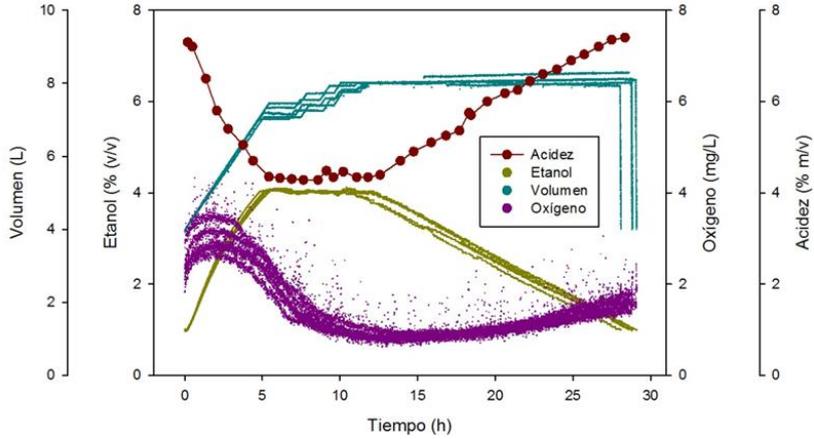


Figura 14. Vinagre de miel.



Tablas

Tabla 1. Análisis de la hidromiel

Azúcares reductores	16,5 g/L
Acidez titulable	4,3 g/L (en eq. tartárico)
pH	3,3
Alcohol	11,5 % (v/v)