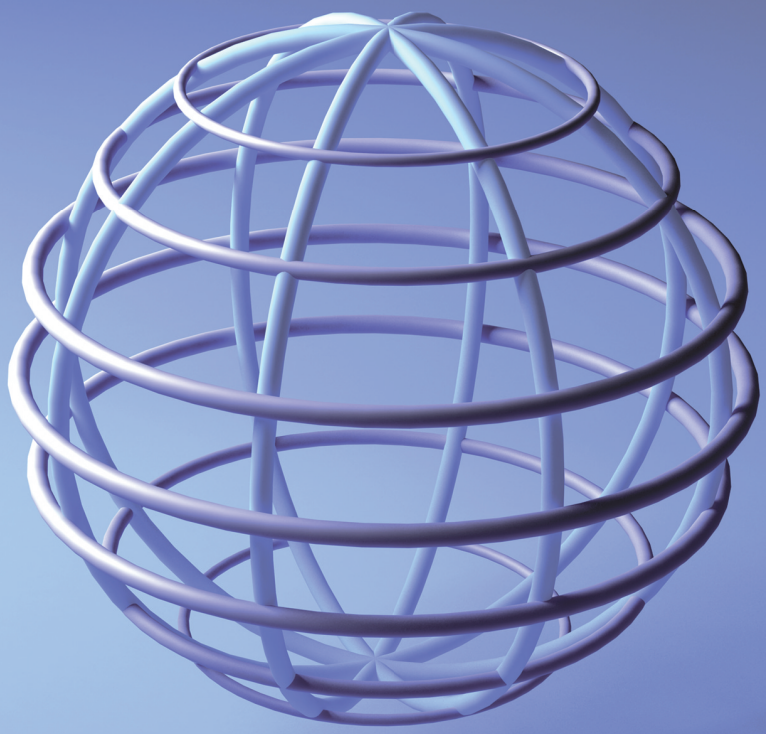
Encuentros Sectoriales Universidad-Empresa

Resumen de las exposiciones realizadas por diversos grupos de investigación



IKERKETA ERREKTOREORDETZA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

eman ta zabal zazu
Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea

www.ehu.es

Encuentros Sectoriales Universidad-Empresa

Resumen de las exposiciones
realizadas por diversos grupos de investigación

Encuentros Sectoriales Universidad-Empresa

Resumen de las exposiciones realizadas por diversos grupos de investigación

eman ta zabal zazu

Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea

© Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitateko Argitalpen Zerbitzua

ISBN: 978-84-9860-260-9
Depósito legal/Lege gordailua: BI - 2.057-09

Fotocomposición/Fotokonposizioa: Ipar, S. Coop.
Zurbaran, 2-4 - 48007 Bilbao

Impresión/Inprimatzea: Gráficas Berriz, S.L.

Índice

Introducción 9

Calidad y seguridad de alimentos fermentados autóctonos 11
Grupo de investigación, calidad y seguridad de alimentos fermentados autóctonos
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (Facultad de Farmacia)

Seguridad alimentaria: determinación de sustancias tóxicas en alimentos 41
Francisca Vicente Estévez, Blanca Gallo Hermosa y Luis Ángel Berruela Simal
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea
(Departamento de Química Analítica)

Aplicación de la tecnología del ADN en la seguridad y calidad agroalimentaria 53
Andone Estonba y Carmen Manzano
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea
(Departamento de Genética, Antropología Física y Fisiología Animal)

Fertilización nitrogenada y sostenibilidad: contaminación ambiental frente a producción y calidad 77
Carmen González Murúa, José María Estavillo Aurre,
María Begoña González Moro y Azucena González García
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea (Grupo Investigador)
Miriam Pinto Tobalina, María Pilar Merino Pereda y Ana Aizpurúa Insausti
Neiker (Grupo Investigador)

Grupo Universitario Multidisciplinar de Gestión Avanzada, Gestión del Conocimiento y Gobernanza Pública 83
Arturo Rodríguez Castellanos
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea
(Coordinador del GUM de Gestión Avanzada, Gestión del Conocimiento y Gobernanza Pública)
Ricardo Martínez Santa María
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea
(Técnico de Gestión del GUM de Gestión Avanzada, Gestión del Conocimiento y Gobernanza Pública)

Líneas estratégicas de investigación de la Cátedra M. Sánchez-Mazas,
de la UPV/EHU: Redes de conocimiento en Ciencia, Tecnología e Innovación 107
Andoni Ibarra y Javier Castro
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea
(Cátedra Miguel Sánchez Mazas)

Introducción

Durante los últimos años, la Universidad del País Vasco ha venido organizando, a través de la Dirección de Relaciones Universidad-Empresa, dependiente del Vicerrectorado de Investigación una serie de reuniones denominadas ENCUENTROS SECTORIALES UNIVERSIDAD-EMPRESA, que tienen como objetivo principal establecer un principio de relación estable entre los grupos de investigación que realizan su labor en la universidad y los sectores económicos y empresariales a los que puede revertir el conocimiento generado.

La Universidad desarrolla un amplio abanico de actividades de investigación, desarrollo e innovación en diversos campos científicos y establece entre sus objetivos estratégicos la transferencia de los resultados de la investigación a los agentes económicos y sociales. Así, los Encuentros Sectoriales Universidad-Empresa tienen como objetivo acercar la actividad que desarrollan los diferentes grupos de investigación y presentar los servicios generales de investigación universitarios a las empresas y organizaciones productivas. También se desea explorar las oportunidades de colaboración en diferentes proyectos y la identificación de líneas de investigación emergentes.

Desde que dieron comienzo, los encuentros se han organizado en virtud de áreas temáticas. El primero de ellos se dirigió al sector alimentario, el segundo a la reducción de la contaminación ambiental y el tercero a la innovación económica y social en un entorno dinámico. En todos los casos se realizaba en primer lugar una presentación de la estructura de la jornada y de los fines que esta perseguía. A continuación eran los distintos grupos de investigación los que realizaban una exposición de sus líneas de trabajo. Una vez cumplido ese apartado se abrían todas las posibilidades de coloquio, discusión y búsqueda de oportunidades de colaboración entre los grupos universitarios y las empresas del sector. To-

dos los encuentros se han saldado hasta el momento con un éxito rotundo de asistencia y de consolidación de redes de colaboración y confianza.

El presente volumen es una compilación de algunas de las exposiciones realizadas por los grupos de investigación de la UPV/EHU. Por supuesto, no se trata de un catálogo exhaustivo. Muy al contrario, es una parte relativamente pequeña de las exposiciones realizadas, pero pensamos que su publicación puede servir, por una parte, para difundir mejor las líneas de trabajo de los grupos que aquí aparecen y, por otra, para establecer un modelo que sirva de guían para otros grupos en próximos encuentros.

La relación entre la universidad y la empresa es una actividad incipiente, cuyas potencialidades aún no han sido totalmente exploradas. Confiamos en que estos Encuentros Sectoriales Universidad-Empresa sean una iniciativa que tenga continuidad en el futuro, que sus frutos vayan madurando con el tiempo y que establezcan redes de colaboración verdaderamente estables entre investigadores y profesionales de la empresa.

Calidad y seguridad de alimentos fermentados autóctonos

Grupo de Investigación, Calidad y Seguridad de Alimentos Fermentados Autóctonos*
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Facultad de Farmacia

página web: **http://www.farmacia-cienciasalimentos.ehu.es/s0101-giquehom/es**

página web: **http://www.lasehu.com**

---

* **Composición del grupo multidisciplinar**:

Área de Tecnología de los Alimentos:
Luis Javier R. Barron, Ana Isabel Nájera, Eunate Abilleira (Becaria pre-doctoral)

Área de Bioquímica y Biología Molecular:
Mertxe de Renobales, María Dolores Virto, Juan Carlos Ruiz de Gordoa, Gustavo Amores, Paula N. Fernández-Caballero (Becaria pre-doctoral)

Área de Nutrición y Bromatología:
Francisco J. Pérez-Elortondo, Marta Albisu, Pilar Gil (Becaria pre-doctoral), Iñaki Etaio (Becario pre-doctoral)

Laboratorio de Análisis Sensorial:
Responsable Gerente: Francisco J. Pérez-Elortondo; Directora Técnica: Marta Albisu; Director de Calidad: Jesús Salmerón; Analistas Sensoriales: Iñaki Etayo, Mónica Ojeda; Técnico de Jurado: Edurne Gastón

Resumen

El grupo de investigación **Calidad y Seguridad de Alimentos Fermentados Autóctonos** es un grupo de investigación multidisciplinar en el que participan profesores/as de distintas áreas de conocimiento, y con especialidades complementarias, como son Tecnología de Alimentos, Bioquímica y Biología Molecular y Nutrición y Bromatología. El grupo dispone de varios laboratorios de investigación especializados con capacidad para llevar a cabo diferentes técnicas analíticas para el análisis de alimentos, como son los laboratorios de preparación de muestra, laboratorios de técnicas instrumentales, laboratorio de bioquímica y biología molecular, laboratorio de microbiología, y laboratorio de análisis sensorial. Este último, denominado Laboratorio de Análisis Sensorial de la UPV/EHU, es un laboratorio acreditado para el control de calidad del queso con Denominación de Origen Idiazabal (ENAC, No 472 / LE 1020). Además, el grupo de investigación dispone de una planta piloto para elaboración de quesos. Desde el año 2003, se ha iniciado una nueva línea de investigación en análisis sensorial para otro producto fermentado autóctono, el vino tinto de Denominación de Origen Rioja y, en concreto, el de la zona de Rioja Alavesa, con el fin de desarrollar métodos específicos de análisis para la evaluación de este tipo de vino, y obtener un método acreditado para su control de calidad.

El grupo de investigación ha trabajado, desde su creación en 1989, en la caracterización de los procesos bioquímicos, microbiológicos, y tecnológicos implicados en la fabricación de alimentos fermentados que influyen directamente en su calidad sensorial y nutritiva, así como en su seguridad higiénico-sanitaria, con el fin de poder facilitar al sector productivo la información necesaria para obtener un producto de alta calidad y seguridad en todas las condiciones de producción. Los alimentos fermentados principales substratos de investigación de este grupo son el queso y el vino, aunque la capacidad de investigación del grupo hace que otros alimentos autóctonos de interés como el «*txakolí*» o la carne de vacuno puedan ser objeto de investigación en un futuro próximo.

En la actualidad el grupo está trabajando en tres líneas de investigación que abarcan desde los factores que afectan a la calidad de la materia prima, y los parámetros tecnológicos de producción de alimentos fermentados, hasta la calidad sensorial del producto elaborado. Estas líneas, soportadas en diferentes proyectos de investigación son en primer lugar, la influencia de la alimentación y el manejo del rebaño en las características tecnológicas, sanitarias y nutricionales de la leche de oveja destinada a la producción de queso, en segundo lugar, la caracteri-

zación molecular, tecnológica y sanitaria de microorganismos autóctonos presentes en alimentos fermentados, y en tercer lugar, la evaluación de la calidad sensorial de alimentos fermentados autóctonos.

1. Objetivo general del grupo de investigación

El objetivo general del grupo de investigación multidisciplinar en **Calidad y Seguridad de Alimentos Fermentados Autóctonos** es la caracterización de los procesos bioquímicos, microbiológicos, y tecnológicos implicados en la fabricación de alimentos fermentados que influyen directamente en su calidad sensorial y nutritiva, así como en su seguridad higiénico-sanitaria, con el fin de poder facilitar al sector productivo la información necesaria para obtener un producto de alta calidad y seguridad en todas las condiciones de producción.

Desde el comienzo de este grupo en el año 1989, y a petición del Consejo Regulador de la Denominación de Origen Queso Idiazabal, se tomó la decisión de llevar a cabo una investigación estratégica y básica a la vez, orientada a la caracterización, desde un punto de vista científico e interdisciplinar, de quesos de oveja con Denominación de Origen, con objeto, por una parte, de mejorar aquellas etapas de su fabricación que pudieran influir negativamente en su calidad y seguridad, y por otra, de potenciar aquellos procesos bioquímicos o tecnológicos con una influencia positiva. Durante todos estos años, el alimento fermentado autóctono sujeto de nuestras investigaciones ha sido el Queso Idiazabal, aunque también se han estudiado quesos de otras denominaciones como Roncal, Manchego, Zamorano, La Serena, Ossau-Iraty o el queso de cabra murciano Al Vino.

El objetivo general de nuestras investigaciones se concreta en la actualidad en los siguientes aspectos, los cuales se encuentran esquemáticamente representados, en relación con la producción de queso, en la figura 1:

- Calidad global de la leche de partida, la cual es dependiente, en gran medida, de la alimentación de las ovejas. La información científica contrastada sobre la influencia de la alimentación en la calidad de la leche de oveja es muy escasa, por lo que cada pastor procede según su criterio. En este aspecto, se pretende estudiar el pastoreo a tiempo parcial como método que permite obtener leche de alta calidad nutricional y sensorial, a la vez que utiliza recursos locales (pastos), reduciendo los costes y contribuyendo al mantenimiento de los ecosistemas de montaña.

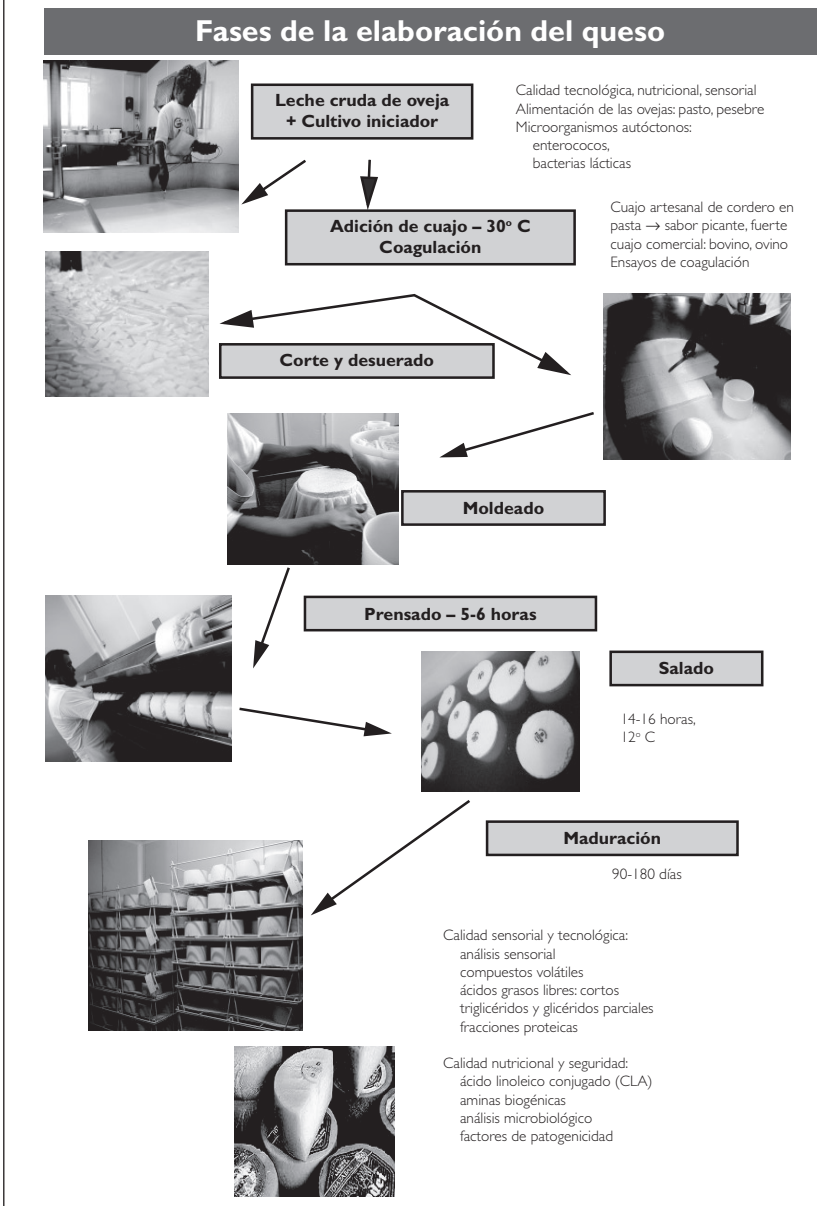


Figura 1

Proceso de elaboración del queso, y fases en las que se llevan a cabo las tareas de investigación para la mejora de la calidad y seguridad del producto

- Calidad nutricional y seguridad del queso. En primer lugar, potenciar el aumento de la concentración de compuestos beneficiosos para la salud, como pueden ser los ácidos linoleico conjugados (CLA), con reconocidas propiedades antitumorales y antiaterogénicas, provenientes tanto de la alimentación de las ovejas (pasto) como sintetizados por determinadas especies de microorganismos, y compuestos antioxidantes de origen vegetal. En segundo lugar, y en relación con la seguridad alimentaria, disminuir la presencia de aminas biogénicas en el queso, compuestos producidos, entre otros, por microorganismos del genero *Enterococcus*.

- Colección de enterococos y bacterias lácticas autóctonas. Se pretende construir una colección de estos microorganismos aislados de leche y queso de oveja con objeto de identificar y seleccionar aquellas especies y cepas productoras de compuestos deseables (compuestos aromáticos de alto valor sensorial, CLAs) que pueden ser utilizadas como cultivos adjuntos, a la vez que identificar también aquellas especies y cepas productoras de aminas biogénicas con objeto de buscar métodos para reducir su presencia en el queso. Además, se pretende diseñar un cultivo iniciador autóctono que potencie las características típicas del queso Idiazabal.

- Sensorial en quesos. Estudio de la relación entre determinados parámetros analíticos y la calidad sensorial del producto final con objeto de identificar, y potenciar, aquellos procesos bioquímicos o tecnológicos que den lugar a la aparición de compuestos con alto valor aromático. Evitar los defectos es también de gran importancia para mejorar la calidad global del producto. En este sentido nos encontramos en proceso de elaboración de una base de datos sobre defectos (textura, aroma, sabor) en queso Idiazabal, recogiendo la máxima información posible de las circunstancias del proceso de elaboración en el que se han producido quesos con defectos.

- Sensorial en vinos. Investigación y desarrollo de métodos de evaluación sensorial cuantitativa (calidad y analítica) en vino tinto Rioja Alavesa (joven y criado en barrica), así como caracterización sensorial de vino tinto joven de Rioja Alavesa.

2. Línea de investigación: influencia de la alimentación y el manejo del rebaño en las características tecnológicas y sanitarias de la leche de oveja destinada a la producción de queso

La producción ovina lechera en el País Vasco ha aumentado paulatinamente en los últimos 30 años debido principalmente, al programa de mejora genética de la oveja *latxa* y a la mejora de los sistemas de manejo, siendo actualmente de alrededor de 11 millones de toneladas. El 60% de esta producción se obtiene en los meses de primavera, en los que la disponibilidad de pasto es mayor. La principal razón de la concentración de los partos del ovino en invierno y principios de primavera, y que la producción lechera se centre en la primera mitad del año, son características fisiológico-reproductivas del ganado ovino[1]. La necesidad de los pastores de establecer mecanismos que aseguren el manejo de la alimentación en estas condiciones explicaría la utilización del Pastoreo a Tiempo Parcial (PTP), que se realiza durante un número limitado de horas al día. En esta práctica, generalizada en los sistemas mediterráneos, la dieta está constituida por el propio pasto, junto con forrajes conservados y concentrados suministrados en pesebre. Ello aporta una gran flexibilidad, permitiendo aprovechar los recursos del pasto en función de su disponibilidad, con un efecto limitado de las condiciones climáticas.

En el caso de la oveja *latxa,* el pastoreo en condiciones de tiempo limitado sería adecuado para obtener unos buenos rendimientos productivos. Sin embargo, la naturaleza de los suplementos administrados en la dieta y el nivel y la forma de distribución, pueden tener una incidencia muy importante sobre las características de la leche producida y de sus derivados (queso). Los estudios sobre el efecto del pastoreo en la calidad de la leche son limitados y se han realizado fundamentalmente sobre ganado vacuno. En la leche de animales alimentados con pasto, en comparación con animales alimentados con forrajes secos, aumenta significativamente la relación caseínas/proteínas séricas, mejorando la coagulación, la firmeza de la cuajada y el rendimiento quesero[2], así como el porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados, ácidos linoleico conjugados (CLA)[3], y compuestos aromáticos[4]. En general se ha observado que el nivel de CLA en le-

1 Forcada, F., J.A. Abecia, L.A. Zarazaga, J.M. Lozano. (2000). Ovis, 71, 13-32.

2 Martin, B. y Coulon, J.B. (1995) Lait, 75, 61-80.

3 Addis, M., Cabiddu, A., Pinna, G., Decandia, M., Piredda, G., Parisi, A., Molle, G. (2005) J. Dairy Sci, 88 (10), 3443-3454.

4 Carpino, S., Mallia, S., La Terra, S., Melilli, C., Licitra, G., Acree, T.E., Barbano, D.M., Van Soest, P.J. (2004) J. Dairy Sci., 87, 816-830.

che de oveja es superior al nivel en leche de vaca[5], lo cual puede ser explicado por el hecho de que en la mayoría de los países mediterráneos la alimentación de las ovejas esta basada mayoritariamente en el pastoreo. En el caso de la alimentación mixta, como se da en el PTP, junto al efecto del pasto se considera la influencia de la suplementación sobre el metabolismo ruminal de los ácidos grasos poliinsaturados. El aporte de concentrados puede favorecer la absorción de estos ácidos grasos, favoreciendo la excreción de CLA en la leche.

La alimentación en pastoreo induce también cambios en la fracción proteica de la leche. En este sentido sería interesante confirmar, en el caso del ovino, la modificación de la relación caseínas/proteínas séricas, asociadas a la alimentación en base a pasto descritas en vacuno lechero[6]. Por otra parte, el pasto natural también aporta a la leche y al queso una gran diversidad de compuestos terpénicos que no aparecen en la leche de animales alimentados con ensilados. Durante los últimos años el interés en estos compuestos se ha centrado en el estudio de sistemas de aseguramiento de la trazabilidad de algunos tipos de queso protegidos con Denominación de Origen, como los «quesos de montaña» elaborados en pastos de altura en zonas alpinas de Francia, Suiza o Italia[7].

Esta línea de investigación amplia los estudios realizados en años anteriores por este grupo de investigación sobre la calidad de la leche. Los objetivos específicos que se plantean en esta línea de investigación son:

- La evaluación del efecto del aporte de forrajes y concentrado en pesebre, así como del patrón de distribución de este último, sobre las características de la leche del rebaño. Las características de la leche que se evalúan son:

  a) Propiedades tecnológicas (parámetros de coagulación de la leche y rendimiento quesero).

  b) Propiedades composicionales (composición en ácidos grasos con especial atención a los CLAs e isómeros *trans*, composición de la fracción proteica, compuestos volátiles y terpenos).

[5] Nudda, A., McGuire, M.A., Battacone, G. and Pulina, G. (2005) J. Dairy Sci., 88, 1311-1319.

[6] Walker, G.P., F.R. Dunshea, P.T. Doyle. (2004) Australian Journal of Agricultural Research, 55, 1009-1028.

[7] Cornu A, Kondjoyan N, Martin B, Verdier-Metz I, Pradel P, Berdague JL, Coulon JB. (2005) J. Sci. Food Agric. 85, 2040-2046.

c) Capacidad antioxidante y susceptibilidad a la oxidación.

d) Calidad higiénico-sanitaria (determinación de recuentos totales de las especies de microorganismos según la normativa vigente).

- El estudio de la relación entre el manejo del rebaño y las características nutricionales y sensoriales de los quesos. Para este estudio se consideran varios rebaños sometidos diferentes regímenes de alimentación en función del tiempo de pastoreo y la cantidad de concentrado y forraje en pesebre. Las características de los quesos a evaluar son:

  a) Propiedades composicionales (de forma similar a las evaluadas para la leche).

  b) Propiedades sensoriales (parámetros olfato-gustativos y de textura).

3. Línea de investigación: caracterización molecular, tecnológica y sanitaria de microorganismos autóctonos presentes en alimentos fermentados

La presencia de enterococos en alimentos tiene especial incidencia en alimentos fermentados. En la actualidad, no existe un consenso sobre la cantidad de enterococos permitida en los alimentos, ni tampoco sobre la posible patogenicidad de las diferentes especies del género. En los últimos años se han llevado a cabo diversos estudios en los que se concluye que los enterococos tienen un importante papel en la maduración de quesos tradicionales mediterráneos elaborados a partir de leche de oveja y cabra, contribuyendo al desarrollo del sabor y aroma característico de dichos quesos[8]. La actividad proteolítica y lipolítica, así como la capacidad de metabolizar el citrato por parte de diversas especies de enterococos, son los procesos bioquímicos involucrados en la producción de distintos tipos de compuestos responsables del sabor y aroma característico del queso.

Diversos estudios han encontrado que, aunque la actividad proteolítica de los enterococos es generalmente baja, esta actividad se incrementaba durante la maduración de quesos en los que se habían añadido cepas seleccionadas de en-

[8] Menéndez, S., Godinez, R., Hermida, M., Centeno, J.A., Rodriguez-Otero, J.L. (2004). Food Microbiol. 21, 97-104.

terococos como cultivos adjuntos[9]. En relación con la actividad lipolítica de estos microorganismos, varios investigadores han encontrado niveles importantes de actividad lipolítica[10], en particular en cepas aisladas de quesos de oveja. La capacidad de metabolizar el citrato por parte de los enterococos ha sido objeto de estudio durante los últimos años, especialmente por la liberación de compuestos volátiles que aportan características diferenciales al aroma de los quesos en los que se producen[11].

Recientemente se han venido desarrollando estudios sobre las propiedades probióticas de los enterococos, así como sobre la capacidad de síntesis de bacteriocinas frente a agentes patógenos[12]. Aunque apenas existen estudios al respecto, varios autores han señalado que algunas cepas de enterococos son capaces de sintetizar CLAs a partir de acido linoleico[13] debido a que presentan actividad *ácido linoleico isomerasa*. Ahondar en este estudio permitiría seleccionar cepas de enterococos productoras de estos ácidos grasos para su adición durante la fabricación del queso.

Por otra parte, se han llevado a cabo numerosos estudios sobre la patogenicidad de los enterococos dado que estos microorganismos han sido implicados en distintos trastornos de salud humana, así como distinto tipo de infecciones. Se han realizado estudios sobre la resistencia a antibióticos y sobre la transferencia de genes de resistencia por parte de distintas cepas de enterococos. Los resultados obtenidos muestran gran variabilidad en función del tipo de cepa, condiciones de crecimiento, y tipo de antibiótico estudiado[14]. Recientemente se han llevado a cabo investigaciones sobre la producción de aminas biogénicas por enterococos en quesos[15]. Estos compuestos, pueden causar diferentes problemas toxicológicos como hipertensión, hipotensión, jaquecas, urticaria, nauseas y vómitos. Algunas aminas biogénicas pueden reaccionar con nitrito dando

[9] Centeno, J.A., Menéndez, S., Hermida, M.A., Rodriguez-Otero, J.L. (1999). Int. J. Food Microbiol. 43, 97-111.

[10] Arana, I., Mendia, C., Arizcun, C., Barcina, Y., Torre, P. (2003). Milchwissenschaft 58, 627-630.

[11] Sarantinopoulos, P., Andrighetto, C., Georgalaki, M.D., Rea, M.C., Lombardi, A., Cogan, T.M., Kalantzopoulos, G., Tsakalidou, E. (2001). Int. Dairy J. 11, 621-647.

[12] Foulquie Moreno, M.R., Sarantinopoulos, P., Tsakalidou, E., De Vuyst, L. (2005). Int. J. Food Microbiol., 106, 1-24.

[13] Kishino, S., Ogawa, J., Omura, Y., Matsmura, K., Shimizu, S. J. Am. Oil Chem. Soc. 79, 159-163.

[14] Canzek-Majhenic, A., Rogelj, I., Perko, B. (2005). Int. J. Food Microbiol. 102, 239-244.

[15] Rea, M.C., Franz, C.M.A.P., Holzapfel, W.H., Cogan, T.M. (2004). Irish J. Agric. Food Res. 43, 247-258.

lugar a nitrosaminas carcinógenas. La concentración de aminas biogénicas es especialmente alta en determinados alimentos y bebidas, como son los derivados lácteos. Sin embargo, existe gran variabilidad en el contenido en aminas biogénicas encontrado en diferentes tipos de queso. Estudios realizados recientemente por nuestro grupo de investigación han puesto de manifiesto que la amina biogénica mayoritaria en queso Idiazabal es la tiramina. Esta amina se produce por descarboxilación del aminoácido tirosina por la acción de la tirosina descarboxilasa, cuya actividad ha sido descrita en microorganismos de géneros tan diversos como *Lactobacillus, Lactococcus, Enterococcus o Carnobacterium*. Estudios de secuenciación genética en cepas de enterococos[16] han permitido el desarrollo de un sistema de detección molecular consensuado del gen *tyrDC* para su detección en algunas cepas de enterococos[17]. Sin embargo, esta técnica no es capaz de detectar el nivel de expresión de la actividad ni la cantidad de tiramina producida, por lo que debe recurrirse a técnicas *in vitro* e *in situ* como la técnica RIVET[18] para determinar la cantidad de enzima producida. En la actualidad, nuestro grupo de investigación está trabajando en la puesta a punto de ambas técnicas para el estudio de la producción de aminas biogénicas durante la maduración del queso.

Además de los enterococos, otro de los componentes de la flora microbiana propia de los productos lácteos son los lactobacilos. Varios estudios han demostrado que *Lactobacillus casei/paracasei* son las especies predominantes en el queso Idiazabal[19]. La preservación de la microflora presente en la leche cruda es de gran importancia porque puede tener un efecto significativo durante la maduración del queso, contribuyendo al desarrollo de su sabor y aroma. Por ello, nuestro grupo de investigación ha iniciado la creación de una colección de bacterias lácticas autóctonas aisladas de queso Idiazabal y leche cruda de oveja *latxa.*

Los resultados de las investigaciones realizadas previamente por nuestro grupo en esta línea de trabajo nos han permitido, por una parte, aislar gran número de cepas de la flora secundaria de leche y de quesos y, por otra, poner a punto diversas técnicas de caracterización fenotípica y molecular de microorganismos aislados. Dada la gran variedad de microorganismos autóctonos, propios

[16] Connil, N. Breton, Y; Dousset, X; Auffray, Y; Rince, A; Prevost, H. (2002). Appl. Evironm. Microbiol. 68, 3537-3544.
[17] Coton, M., Coton, E., Lucas, P. and Lonvaud A. (2004). Food Microbiol. 21, 125-130.
[18] Lee, S.H., Angelichio, M.J., Mekalanos, J.J., Camilli, A. (1998). J. Bacteriol. 180, 2298-2305.
[19] Pérez-Elortondo, F.J., Aldamiz, P., Albisu, M., Barcina, Y. (1998) Int. Dairy J. 8, 725-732.

de diferentes zonas de producción o de explotaciones en particular, nuestro grupo de investigación pretende, como anteriormente se ha señalado, elaborar una colección propia de cepas de bacterias lácticas aisladas de quesos o leche, con objeto de conservar y potenciar las características sensoriales típicas del queso Idiazabal. Se pretende con ello, por una parte, seleccionar cepas que, por sus características tecnológicas y sanitarias adecuadas, puedan ser utilizadas como cultivos adjuntos en la elaboración de queso, y por otra parte, la identificación de cepas responsables de defectos o de la producción de compuestos no deseados. Los resultados de esta línea de investigación permitirán el establecimiento de una base de datos sobre cepas de bacterias lácticas de interés alimentario.

Los objetivos específicos que se plantean en esta línea de investigación son:

- La identificación y caracterización molecular de cepas de *Enterococcus*.
  a) Confirmación mediante técnicas moleculares de la identidad de cepas previamente aisladas de leche y queso de oveja.
  b) Identificación de cepas con factor de virulencia asociado a resistencia a antibióticos.
  c) Identificación de cepas capaces de sintetizar aminas biogénicas.
  d) Identificación de cepas de interés para la obtención de compuestos de alto valor aromático para el desarrollo del sabor y aroma característicos en quesos de oveja.
  e) Identificación de cepas capaces de sintetizar CLAs.
  f) Determinación de la expresión del gen de la *tirosina descarboxilasa* en ensayos *in vivo*.

- El aislamiento y caracterización de cepas de *Lactococcus* y *Lactobacillus*.
  a) Ampliación de la colección con el aislamiento de nuevas cepas.
  b) Caracterización fenotípica y molecular de las cepas obtenidas, siguiendo el mismo modelo que en el caso de la caracterización de cepas de *Enterococcus*.

- La creación de una base de datos de bacterias lácticas autóctonas.

4. Línea de investigación: evaluación de la calidad sensorial de alimentos fermentados autóctonos

El análisis sensorial aplicado a los alimentos es una herramienta en el control de calidad en la industria alimentaria que cada vez es más necesaria para la optimización tanto de los alimentos que se encuentran en el mercado como para aquellos de nueva creación. Este tipo de analítica tiene especial relevancia para los productos que quieran conseguir un valor añadido de calidad como son los de las Denominaciones de Origen u otro distintivo de calidad.

El análisis sensorial de un alimento requiere la elección de los parámetros a percibir (apariencia, textura y olfato-gustativos), así como la selección y el entrenamiento de un grupo de catadores. Durante los últimos años se ha suscitado un gran interés por armonizar criterios entre los diferentes grupos/laboratorios y la metodología utilizada en la caracterización de diferentes alimentos. Para poder realizar esta caracterización se debe llevar a cabo la investigación de descriptores apropiados para cada uno de los alimentos y, si se quiere un control de calidad efectivo, es conveniente conocer los defectos que se pueden llegar a detectar, de tal forma que al consumidor se le oferte el alimento con el grado de calidad deseado. En la actualidad existen unas pocas normativas aceptadas internacionalmente sobre diferentes aspectos metodológicos del análisis sensorial, tales como procedimientos generales[20] o procedimientos de selección y entrenamiento de paneles[21], pero existe un gran vacío para el análisis de productos específicos, de ahí la falta de laboratorios acreditados en ensayos de un alimento en concreto. Actualmente existen en España seis laboratorios de análisis sensorial acreditados, incluido el de nuestro grupo de investigación, y perteneciente a la Facultad de Farmacia UPV/EHU.

La acreditación de un método de ensayo significa la demostración de una competencia técnica. Así, es previsible que en un futuro próximo se produzca un gran cambio en los laboratorios de análisis sensorial, con una tendencia a la optimización y consenso de los métodos de ensayo a nivel internacional[22], donde los grupos de investigación universitarios servirán como mediadores en dicha armo-

[20] ISO. 6658 (1985). Sensory analysis. Methodology. General guidance. International Organization for Standardization, Geneve, Switzerland.

[21] ISO. 8586 (1993). Sensory analysis. General guidance for the selection, training and monitoring of assessors. Part 1: Selected assessors. International Organization for Standardization, Geneve, Switzerland.

[22] Moskowitz, H.R., Munoz, A.M., Gacula, M.C. (2003). In Viewpoints and controversies in sensory science and consumer product testing, Food and Nutrition Press, Inc. Trumbull, Connecticut.

nización. Algunos de los métodos acreditados en análisis sensorial son pruebas descriptivas y pruebas discriminantes, pero no hay un consenso sobre métodos para productos específicos. Por ello, solo existe un alimento que tenga la caracterización reconocida a nivel internacional. Es el caso del aceite de oliva y aceite de orujo de oliva[23].

Para llegar a la acreditación de métodos de ensayo en los laboratorios de análisis, se ha desarrollado la normativa ISO 17025[24] y, dentro de la actividad de análisis sensorial, uno de los documentos específicos es el EA-4/09[25] que suplementa a la ISO 17025. Dentro de nuestro grupo de investigación, el laboratorio de análisis sensorial, en colaboración con AZTI, desarrolló a principios de los años 90 la definición sensorial del queso de Denominación de Origen Idiazabal. Posteriormente, ha entrenado a un panel analítico y a un panel de expertos con el fin de realizar la evaluación analítica y de calidad, respectivamente, de quesos de oveja. Así mismo, a partir del año 2000 ha desarrollado un método específico para el control de calidad del queso con Denominación de Origen Idiazabal (ENAC, No 472 / LE 1020).

Una de las tareas en el desarrollo de métodos específicos consiste en realización de estudios comparativos con los paneles de cata de otras Denominaciones de Origen. Así, en el año 2005, hemos realizado un estudio, junto con la Universidad Publica de Navarra, donde se valoraron los quesos Idiazabal y Roncal. Actualmente se está realizando este estudio con los paneles de las Denominaciones de Origen de Idiazabal y Parmigiano Reggiano (Italia). En un futuro próximo, pretendemos ampliar el estudio mediante intercambios con otras Denominaciones de Origen de quesos.

Recientemente hemos iniciado una nueva línea de investigación en análisis sensorial para otro producto fermentado autóctono, el vino tinto de Denominación de Origen Rioja y, en concreto, el de la zona alavesa, con el fin de desarrollar métodos específicos que se puedan aplicar a su control de calidad, y así poder llegar a tener un método acreditado como se ha conseguido para el queso Idiazabal. Después de cuatro años de trabajo, y tras numerosas reuniones de

[23] DOCE (2002). Reglamento 02/796/CEE de la Comisión relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva, Diario Oficial de las Comunidades Europeas de 15 de mayo.

[24] ISO. 17025 (1999). General requirements for the competence of testing and calibration. International Organization for Standardization, Geneve, Switzerland.

[25] ENAC (2003). Guía para la acreditación de laboratorios de análisis sensorial. G-ENAC-02, Rev. 1. Octubre Entidad Nacional de Acreditación, Madrid, España.

grupo, nuestro laboratorio de análisis, denominado Laboratorio de Análisis Sensorial de la UPV/EHU y la Asociación de Bodegas de Rioja Alavesa (ABRA), gracias a la participación de expertos de reconocido prestigio, dispone de métodos específicos de evaluación de la calidad del vino tinto joven y criado en barrica de Rioja Alavesa.

Esta línea de investigación se ha ido desarrollando y ha ido evolucionando, integrada dentro del grupo multidisciplinar de investigación como un instrumento indispensable en todos los proyectos de investigación que este grupo ha llevado a cabo en su larga trayectoria. La evaluación sensorial de los quesos se realiza con parámetros de apariencia, textura y olfato-gustativos sobre escalas de siete puntos. No obstante, la valoración sensorial de un alimento no sólo se lleva a cabo sobre sus aspectos positivos (virtudes), sino que también se realiza mediante la señalización de los defectos, debiendo especificarse a que es debida la falta de idoneidad, cuando la hubiere. Para el caso del queso Idiazabal, los parámetros positivos ya han sido estudiados al elaborarse su definición sensorial. Sin embargo, los defectos se encuentran en continua evolución. Esto obliga a realizar un estudio continuo de los defectos, algunos de los cuales tienden a desparecer a la vez que pueden aparecen nuevas alteraciones. Para llegar a un consenso se deben buscar referencias de los aspectos positivos (características) y de los negativos (defectos), lo cual obliga a una continua investigación. Una vez consensuadas las referencias, tendrán que se validadas por el panel de catadores.

Como anteriormente se ha señalado, hemos comenzado recientemente una nueva línea de investigación en el campo de análisis sensorial que es la caracterización de otro alimento fermentado como es el vino con Denominación de Origen Rioja, en concreto, de aquellas bodegas que se encuentran en la zona de Álava. En este sentido, el Laboratorio de Análisis Sensorial de la UPV/EHU ha desarrollado un método especifico de evaluación de la calidad del vino tinto joven y criado en barrica de Rioja Alavesa, incluyendo descriptores de parámetros de apariencia, olor, sabor y aroma, y se ha conformado un panel de expertos que en este momento esta participando en un entrenamiento especifico para evaluar la calidad de los tintos de Rioja Alavesa. En la figura 2 se muestra una ficha de cata para la evaluación del vino joven. Una vez se realice el entrenamiento, las pruebas de cualificación de los panelistas y se valide el método, se estará en disposición de evaluar de forma sistemática la calidad de los vinos tintos de Rioja Alavesa. Paralelamente se ha formado un panel analítico de 17 catadores que han realizado y superado las pruebas de selección y entrenamiento básico implantadas en el laboratorio. Dicho panel será orientado a medir intensidades de atributos tanto descriptivos como discriminantes, y tiene un carácter más analítico y

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL
(COMITÉ DE CATAVINO TINTO JOVEN RIOJA ALAVESA)

Catador n.º:

Código vino (nariz y boca):

Fecha:

NARIZ

Calidad relativa a la intensidad de olor

Nula	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta	Máxima
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Calidad relativa complejidad de olores-descripción de olores

Descriptores: Fruta madura ☐ Regaliz ☐ Floral ☐ Fruta de Bosque ☐
Ahumado ☐ Fruta verde ☐ Fruta pasada ☐ Herbáceo ☐
Otros ☐
. . . . . .

Defectos: Exceso láctico ☐ Moho ☐ Lías ☐ Oxidado ☐
Huevos podridos ☐ Cocido ☐ Geranio ☐ Exceso herbáceo ☐
Otros ☐
. . . . . .

Nula	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta	Máxima
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Firma del catador:

Figura 2

Ficha de evaluación sensorial olfativa para vino tinto joven de Rioja Alavesa

de investigación. Este panel será el encargado de caracterizar sensorialmente los vinos tintos jóvenes de Rioja Alavesa, según un diseño experimental que incluye variedades de uva utilizadas, así como técnicas de elaboración y la evolución del vino en botella.

Como objetivo general, el Laboratorio de Análisis Sensorial tiene previsto, por una parte, ir desarrollando métodos analíticos específicos para diferentes alimentos autóctonos fermentados, dado el escaso desarrollo que existe en este campo a nivel internacional y, por otra parte, ampliar los estudios inter-laboratorios con otros centros de investigación que se dediquen al análisis sensorial. Los objetivos específicos que se plantean dentro de esta línea de investigación son:

- En el análisis sensorial del queso.
  a) Mejora del método desarrollado para la evaluación de calidad de quesos con Denominación de Origen Idiazabal para el mantenimiento de la acreditación.
  b) Profundización en el estudio de las características y defectos que se desarrollan a lo largo de las diferentes campañas de elaboración.

- En el análisis sensorial del vino.
  a) Finalización del desarrollo de métodos específicos para los vinos tintos joven y criado en barrica.
  b) Caracterización sensorial de los vinos de Rioja Alavesa con el establecimiento de perfiles sensoriales.
  c) Entrenamiento y cualificación de jueces para este tipo de vinos, así como la validación del método para poder optar a la acreditación.

5. Beneficios de la investigación, cooperación, difusión y transferencia de resultados

En general, los resultados derivados de la investigación de nuestro grupo multidisciplinar de trabajo contribuirán al conocimiento más profundo de todos los procesos que ocurren durante la producción de un alimento fermentado, y a incrementar el nivel de calidad nutricional, tecnológica y sensorial, así como la seguridad del producto final. Ello permitirá proponer acciones para la mejora y/o

consolidación de procedimientos con los productores gracias a la continua relación y comunicación que el grupo de investigación mantiene con el sector productivo.

De los resultados de la línea de investigación sobre influencia de la alimentación y el manejo del rebaño en las características tecnológicas y sanitarias de la leche de oveja destinada a la producción de queso, se espera dilucidar aspectos innovadores desde el punto de vista científico-técnico como son la determinación de la calidad de la leche de rebaños en relación con los diferentes regímenes de alimentación, así como contribuir a la definición de las mejores características de la leche de oveja destinada a la producción de queso Idiazabal. Por otra parte, los resultados obtenidos permitirán además, establecer un tipo de «*queso de montaña*» elaborado con leche procedente de ovejas sometidas a un régimen de pastoreo a tiempo parcial, con características composicionales de alto valor añadido, como producto diferenciado del obtenido mediante técnicas intensivas de producción de leche, contribuyendo así a la diversificación de los productos.

El aprovechamiento de los recursos naturales redundará en un descenso en los costes de producción que podría contribuir a la revalorización de la actividad del pastoreo, contribuyendo positivamente al mantenimiento de los ecosistemas rurales. Asimismo, el aumento de la rentabilidad de las explotaciones incidirá positivamente en el recambio generacional que garantiza la continuidad del sector, actualmente con dificultades para subsistir.

De los resultados de la línea de investigación sobre caracterización molecular, tecnológica y sanitaria de microorganismos autóctonos presentes en alimentos fermentados se espera contribuir a la adquisición de un conocimiento mas profundo sobre el papel que los microorganismos autóctonos desempeñan en los alimentos fermentados, tanto con respecto a sus propiedades tecnológicas como de seguridad. Los resultados supondrán un avance en relación con la identificación de cepas de bacterias lácticas potencialmente funcionales en alimentos y que no conlleven asociados factores de patogenicidad. En este sentido, debe señalarse que hay en la actualidad algunos ejemplos de cepas de enterococos que han sido autorizadas para su uso en alimentación por los efectos deseables que ocasionan en el alimento o en la salud. Por ejemplo, el Comité Británico para Nuevos Alimentos y Procesos ha autorizado el uso de la cepa *E. faecium* K77D para su uso como cultivo iniciador en productos lácteos fermentados. En otro caso, existe en el mercado europeo un producto probiótico denominado ECO-FLOR (Walthers Health Care, Den Haag, Holanda) que contiene cepas de *E. fae-*

cium. Otros beneficios esperables de esta línea de investigación son el avance en los conocimientos sobre la producción de compuestos aromáticos responsables del sabor y aroma, producidos por cepas específicas de enterococos en quesos, así como sobre la producción de CLAs. Un beneficio a medio-largo plazo, en función de las consideraciones legislativas de los distintos países, así como de la propia Unión Europea será el posible uso de cepas no patógenas de enterococos como cultivo adjunto en productos lácteos fermentados, o en alimentos funcionales. Por otra parte, se espera conseguir un avance en los conocimientos sobre la producción de aminas biogénicas por cepas de enterococos en sistemas alimentarios. Desde el punto de vista técnico, el desarrollo de la metodología RIVET permitirá disponer de una herramienta útil para investigaciones futuras en relación con estudios de otros genes relacionados con el metabolismo y patogenicidad de enterococos. Así mismo, la aplicación de la metodología RIVET al estudio de la expresión génica del gen de la *tirosina descarboxilasa* aportará información adicional sobre la virulencia asociada a las cepas de enterococos con capacidad de síntesis de aminas biogénicas.

De los resultados de la línea de investigación sobre evaluación de la calidad sensorial de alimentos fermentados autóctonos, los avances que se esperan lograr permitirán el establecimiento de una base de datos de defectos para el queso Idiazabal, que se irá modificando y ampliando de una manera dinámica. Esta base de datos será muy útil para poder identificar la(s) etapa(s) del proceso de producción en el que se generan los defectos, y permitirá llevar a cabo acciones correctoras. En definitiva, contribuirá a mejorar la rentabilidad de las explotaciones queseras. El desarrollo de esta línea de investigación tiene como objetivo a largo plazo el ser laboratorio acreditado de referencia en el País Vasco para el análisis de la calidad sensorial de alimentos con distintivos de calidad. Este laboratorio servirá como instrumento para el desarrollo de otros proyectos multidisciplinares, para proponer e impulsar medidas de mejora en la calidad de los alimentos, y para mejorar el valor añadido de los productos autóctonos. Por otra parte, el análisis sensorial tiene su función en el desarrollo de proyectos específicos que son de gran interés para el sector alimentario mediante la aplicación de una metodología especifica y contrastada, bien sea a través de acreditaciones, y de ensayos inter-laboratorios a nivel nacional e internacional. Por ello, es una herramienta de mejora del sector, especialmente en aquellos productos con distintivos de origen y de calidad.

La difusión y transferencia de los resultados en el sector productivo viene realizándose, desde el inicio de la tarea investigadora de este grupo, a través del Consejo Regulador de la Denominación de Origen Idiazabal, organismo que sirve

de enlace entre este grupo de investigación y los elaboradores de queso Idiazabal, o más recientemente, a través de la Asociación de Bodegas de Rioja Alavesa (ABRA). Además, los elaboradores de queso colaboran activamente en todas las etapas de la investigación proporcionando muestras de leche y queso elaborados en diferentes condiciones, y realizando pruebas de fabricación a escala comercial en sus instalaciones.

Este grupo de investigación ha organizado y participado en cursos y actividades de formación a diferentes agentes del sector productivo, como son asociaciones de pastores (Artzai Gazta), Institutos tecnológicos (ITG de Navarra) en el caso del sector lácteo, o asociaciones de bodegas (ABRA) en el caso del sector vitivinícola.

Por otra parte, nuestro equipo de investigación ha estado en contacto y mantiene la cooperación con otros grupos nacionales e internacionales. Con varios de estos grupos hemos participado en proyectos conjuntos de investigación, y participan actualmente de forma coordinada en el desarrollo de las tareas de investigación. Entre los grupos nacionales se encuentran el Centro de Investigación Agraria de Arkaute (NEIKER), dirigido por el Dr. Luis Oregi, el de la Universidad de Granada, dirigido por la Dra. M. Maqueda, el del Instituto de Productos Lácteos de Asturias dirigido por el Dr. B. Mayo, el del Departamento de Química Analítica de la UPV/EHU, dirigido por los Drs. Ramón Barrio y Arantza Goicolea, el del Departamento de Zoología y Biología Celular Animal de la UPV/EHU, dirigido por la Dra. M. Ángeles Martínez de Pancorbo, el del Departamento de Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Murcia, dirigido por el Dr. J. Laencina, el del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA, Madrid), dirigido por el Dr. M. Núñez, el del Instituto del Frío del CSIC (Madrid), dirigido por la Dra. M. Juárez, el del Instituto de Fermentaciones Industriales del CSIC (Madrid), dirigido por el Dr. A. Olano y la Dra. Mercedes Ramos, el de la Universidad de Santiago de Compostela dirigido por el Dr. J.L. Rodríguez-Otero, y el de la Universidad Autónoma de Barcelona, dirigido por el Dr. B. Guamis. Entre los grupos internacionales cabe destacar los contactos que mantenemos con grupos como el de la Facultad de Enología de la Universidad de Burdeos (Francia), dirigido por la Dra. Alaine Lonvaud, el de la Universidad de Kyoto (Japón), dirigido por el Dr. Kishino, el de la Universidad de Davis (EEUU) dirigido por el Dr. Hildegarde Herman, el del Centre Europeen des Sciencies du Gout (Francia), dirigido por el Dr. Schlich, el de NIZO Food Research (Holanda) dirigido por el Dr. E. Engels, y el del Istituo Sperimentale Lattiero-Casseario (Italia) dirigido por el Dr. G. Pireda.

6. Calidad científico-técnica del grupo de investigación

El grupo de investigación **Calidad y Seguridad de Alimentos Fermentados Autóctonos** es un grupo de investigación multidisciplinar en el que participan profesores/as de distintas áreas de conocimiento, y con especialidades complementarias, como son Tecnología de Alimentos, Bioquímica y Biología Molecular y Nutrición y Bromatología. En la figura 3 se muestra un esquema de la organización del grupo de investigación así como de los canales para la transferencia de los resultados de investigación.

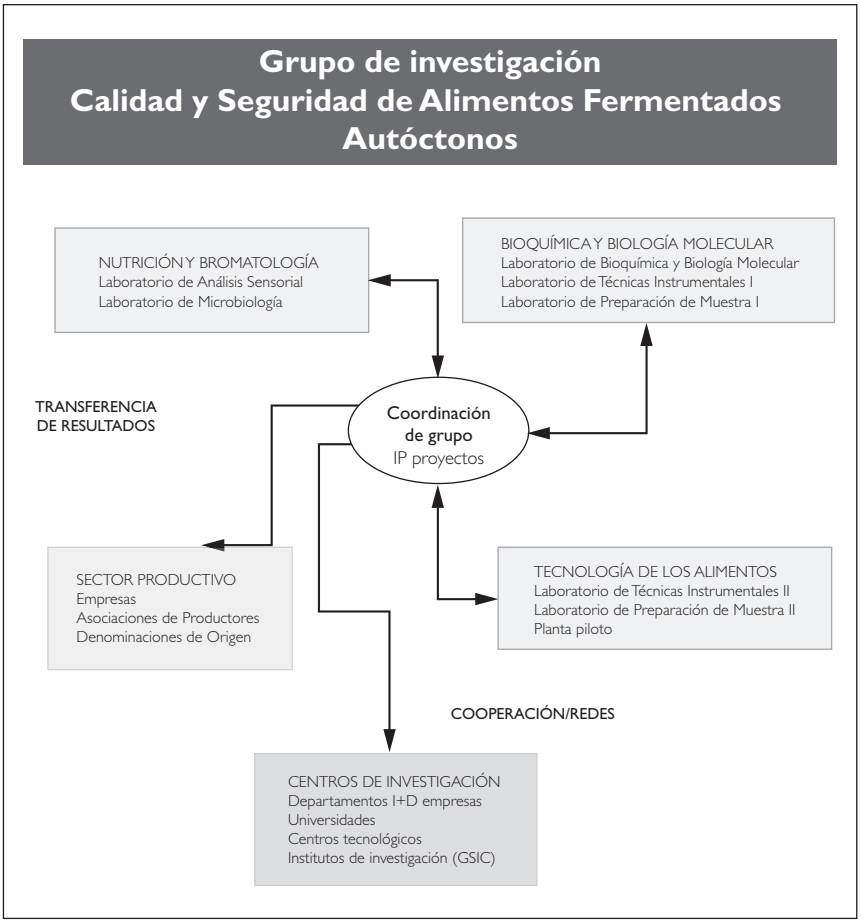


Figura 3

Esquema organizativo del Grupo de Investigación Multidisciplinar en Calidad y Seguridad de Alimentos Fermentados de la UPV/EHU

La investigación desarrollada por este equipo multidisciplinar investigación, desde su creación en 1989, ha abordado específicamente aspectos relacionados con las tres líneas principales de investigación anteriormente descritas, plasmándose en 18 proyectos de investigación (tabla 1) durante los últimos 10 años financiados por instituciones públicas regionales, estatales y/o europeas, así como mediante algunos convenios y contratos con empresas del sector. Como fruto de las investigaciones llevadas a cabo, debe resaltarse la publicación en los últimos 10 años de cerca de 50 artículos en revistas científicas nacionales e internacionales (tabla 2) en áreas como Ciencia y Tecnología de Alimentos, Microbiología, Bioquímica o Biotecnología, así como la participación en numerosos congresos nacionales e internacionales. Además, se han defendido 12 tesis doctorales relacionadas con la calidad y seguridad de alimentos fermentados autóctonos.

Entre los logros científicos más significativos conseguidos a lo largo de la trayectoria investigadora del grupo se encuentran:

- Diseño de un cultivo iniciador autóctono, trabajo de investigación desarrollado junto con el Centro Tecnológico Gaiker bajo contrato de la Denominación de Origen Idiazabal. Este cultivo iniciador se ensayó en fabricaciones comerciales, obteniéndose quesos de gran calidad sensorial.

- Colaboración con el Consejo Regulador de la Denominación de Origen Idiazabal para establecer el estándar de calidad sensorial del queso Idiazabal. Se ha acreditado el método para la evaluación de la calidad sensorial (ENAC, No 472 / LE 1020) mediante un panel de expertos, basándose en dicha definición sensorial y en un catalogo de defectos. Los resultados del análisis a partir de este método acreditado es lo que utiliza el Consejo Regulador como parte de los requisitos que debe cumplir un queso Idiazabal para ser certificado. Asimismo, en el campo del análisis sensorial, se ha definido la metodología adecuada para estudiar los perfiles sensoriales de quesos de oveja de pasta prensada españoles.

- Caracterización de los cuajos de cordero en pasta preparados según procedimientos tradicionales. Se determinó que la actividad enzimática responsable de impartir el sabor «*picante*» característico tradicional al queso Idiazabal era la lipasa pregástrica, producida por la glándula sublingual y arrastrada hasta el abomaso con la leche deglutida. El papel de la lipasa presente en los cuajos artesanales de cordero en pasta se confirmó utilizando lipasa pregástrica comercial en fabricaciones comerciales realizadas por queseros adscritos a la Denominación de Origen. Se comprobó que a igualdad de fuerza coagulante y de unidades de lipasa pregástrica, los que-

Tabla 1

Proyectos de investigación y convenios de colaboración del Grupo de Investigación Multidisciplinar en Calidad y Seguridad de Alimentos Fermentados financiados durante los últimos 6 años

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	PERÍODO
Sabor y aroma de los quesos de oveja con Denominación de Origen Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (INIA) IP: E. Fernández-García (INIA) Investigador Responsable UPV/EHU: L. J. R. Barron	1998-2001
Diseño de una mezcla de cuajo y lipasas comerciales para el desarrollo del sabor característico del queso Idiazabal Dpto. Agricultura y Pesca. Gobierno Vasco IP: F. J. Pérez-Elortondo	2000-2000
Estudio de actividades enzimáticas y genotipado de enterococos en queso de oveja Universidad del País Vasco (UPV/EHU) IP: M. Albisu	2000-2002
Establecimiento de medidas de control en la prevención de defectos organolépticos en quesos de oveja Dpto. Educación, Universidades e Investigación. Gobierno Vasco IP: F. J. Pérez-Elortondo	2001-2001
Caracterización de cuajos de cordero y optimización de sus métodos de fabricación para la recuperación de sabores tradicionales en quesos de oveja Ministerio de Ciencia y Tecnología IP: M. de Renobales	2001-2003
Desarrollo de técnicas moleculares en el estudio de clostridios en quesos de pasta prensada Universidad del País Vasco (UPV/EHU) IP: M. Albisu	2002-2004
Características nutricionales de quesos de leche cruda de oveja. Influencia del tipo de coagulante Universidad del País Vasco (UPV/EHU) IP: M. Virto	2003-2004
Estudio bioquímico y molecular de la producción de compuestos de interés sensorial y sanitario en quesos de leche cruda de oveja Subvención General a Grupos de Investigación de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) IP: M. de Renobales	2004-2006

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN	PERÍODO
Estudio de la producción de tiramina y caracterización del gen *tirosina descarboxilasa* en cepas de *Enterococcus* Referencia: Programa SAIOTEK Gobierno Vasco IP: M. Virto	2005-2006
Caracterización del vino de Rioja Alavesa Departamento de Agricultura y Pesca. Gobierno Vasco IP: F. J. Pérez-Elortondo	2003-2006
Características de la producción de leche de oveja y su influencia en la sostenibilidad del sistema de pastoreo del País Vasco Cátedra UNESCO de la Universidad del País Vasco (UPV/EHU) IP: M. de Renobales	2005-2008
CONVENIOS DE COLABORACIÓN	PERÍODO
Convenio marco de colaboración entre el Consejo Regulador de la Denominación de Origen Idiazabal y la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea para la promoción y mejora de la calidad del queso Idiazabal	2000- —
Convenio de colaboración entre el Consejo Regulador de la Denominación de Origen Idiazabal y la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea para la acreditación del Laboratorio de Análisis Sensorial del la Facultad de Farmacia Consejo Regulador de la Denominación de Origen Idiazabal	2001-2002
PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN SOLICITADOS	FECHA
Condiciones de pastoreo a tiempo parcial en ovino lechero: influencia sobre la ingestión y comportamiento de las ovejas y efectos sobre la calidad nutritiva y tecnológica de la leche destinada a la producción de queso Ministerio de Ecuación y Ciencia. INIA. IP: L. M. Oregi Investigador Responsable UPV/EHU: M. de Renobales	12-2005
Caracterización de las propiedades tecnológicas y seguridad de enterococos aislados de quesos de leche de oveja Ministerio de Ecuación y Ciencia IP: L. J. R. Barron	12-2005
Caracterización sanitaria y propiedades tecnológicas de enterococos de interés alimentario Programa SAIOTEK. Gobierno Vasco IP: L. J. R. Barron	04-2006

Tabla 2

Publicaciones científicas más relevantes del Grupo de Investigación Multidisciplinar en Calidad y Seguridad de Alimentos Fermentados en los últimos 6 años

Perea S., de Labastida E.F:, Nájera A.I., Chávarri F., Virto M., de Renobales M., Barron L.J.R. Seasonal changes in the fat composition of *Lacha* sheep´s milk used for Idiazabal cheese manufacture *Eur. Food Res. Technol. 210, 318-323, 2000*
Bustamante M.A., Chávarri F., Santisteban A., Ceballos G., Hernández I., Miguélez M.I., Aranburu L., Barron L.J.R., de Renobales M. **Coagulating and lipolytic activities of artisanal lamb rennet pastes** *J. Dairy Res. 67, 393-402, 2000*
Bárcenas P.; Pérez Elortondo F.J., Albisu M. **Selection and screening of a descriptive panel for ewes milk cheese sensory profiling** *J. Sensory Stud. 15, 79-99, 2000*
Chávarri F., Bustamente M.A., Santisteban A., Virto M., Barron L.J.R., de Renobales M. **Effect of milk pasteurization on lipolysis during ripening of ovine cheese manufactured at different times of the year** *Lait 80, 433-444 , 2000*
Vicente M.S., Ibáñez F.C., Barcina Y., Barron L.J.R. **Casein breakdown during ripening of Idiazabal cheese: influence of starter and rennet type** *J. Sci. Food Agric. 81, 210-215, 2001*
Bárcenas P.; Pérez Elortondo F.J.; Salmerón J., Albisu, M. **Sensory profile of ewes milk cheeses** *Food Sci. Technol. Int. 7, 347-353, 2001*
Bárcenas P.; Pérez de San Román R.; Pérez Elortondo F.J., Albisu, M. **Consumer preference structures for traditional Spanish cheeses and its relationship with sensory properties** *Food Qual. Pref. 14, 269-279, 2001*
Vicente M.S., Ibáñez F.C., Barcina Y., Barron L.J.R. **Changes in the free amino acid content during riepning of Idiazabal cheese: influence of starter and rennet type** *Food Chem. 72, 309-317, 2001*
Barron L.J.R., Fernández de Labastida E., Perea S., Chávarri F., de Vega M.C., Vicente M.S., Torres M.I., Nájera A.I., Virto M., Santisteban A., Pérez-Elortondo F.J., Albisu M., Salmerón J., Mendía C., Torre P., Ibáñez F.C., de Renobales M. **Seasonal changes in the composition of bulk raw ewe's milk used for Idiazabal cheese manufacture** *Int. Dairy J. 11, 771-778, 2001*

Salmerón J., de Vega M.C., Pérez-Elortondo F.J., Albisu M., Barron L.J.R.
Effect of pasteurization and seasonal variations in the microflora of ewe's milk for cheesemaking
Food Microbiol. 19, 167-174, 2002

Pérez Elortondo F.J.; Albisu M., Barcina, Y.
Brining time and smoking influence on acceptability of Idiazabal cheese
J. Food Quality 25, 51-62, 2002

Bárcenas P.; Pérez Elortondo F.J.; Salmerón J., Albisu, M.
Sensory characterization of ewes milk cheeses using direct and indirect similarity measures: A comparison
J. Sci. Food Agric. 82, 435-442, 2002

Nájera A.I., Barron L.J.R., de Renobales M.
Effect of pH, temperature, $CaCl_2$ and enzyme concentration on the rennet clotting properties of milk: a multifactorial study
Food Chem. 80, 345-352, 2003

Bárcenas P., Pérez Elortondo F.J., Salmerón J.,Albisu, M.
Comparison of free choice profiling, direct similarity measurements and hedonic data for ewe's milk cheeses sensory evaluation
Int. Dairy J. 13, 67-77, 2003

Bárcenas P., Pérez Elortondo F.J., Albisu, M.
Sensory changes during ripening of raw ewe's milk cheese manufactured with and without the addition of a starter culture
J. Food Sci. 68, 2572-2578, 2003

Virto M., Chávarri F., Bustamante M.A., Barron L.J.R., Aramburu M., Vicente M.S., Pérez-Elortondo F.J., Albisu M., de Renobales M.
Lamb rennet paste in ovine cheese manufacture. Lipolysis and flavour
Int. Dairy J. 13, 391-399, 2003

Bustamante M.A., Virto M., Aramburu M., Barron L.J.R., Pérez-Elortondo F.J., Albisu M., de Renobales M.
Lamb rennet paste in ovine cheese (Idiazabal) manufacture. Proteolysis and relationship between analytical and sensory parameters
Int. Dairy J. 13, 547-557, 2003

Barron L.J.R., Hernández I., Bilbao A., Flanagan C.E., Nájera A.I., Virto M., Pérez-Elortondo F.J., Albisu M., de Renobales M.
Changes in lipid fractions and sensory properties of Idiazabal cheese induced by lipase addition
J. Dairy Res. 71, 372-379, 2004

Bárcenas P., Pérez Elortondo F.J., Albisu, M.
Projective mapping in sensory analysis of ewes milk cheeses: A study on consumers and trained panel performance
Food Res. Int. 37, 723-729, 2004

Barron L.J.R., Redondo Y., Flanagan C.E., Pérez-Elortondo F.J., Albisu M., Nájera A.I., de Renobales M., Fernández-García E.
Comparison of the volatile composition and sensory characteristics of Spanish PDO cheeses manufactured from ewes' raw milk and animal rennet
Int. Dairy J. 15, 371-382, 2005

Hernández I., de Renobales M., Virto M., Pérez-Elortondo F.J., Barron L.J.R., Flanagan C., Albisu M.
Assessment of industrial lipases for flavour development in commercial Idiazabal (ewe's raw milk) cheese
Enzyme Microbiol Technol. 36, 870-879, 2005

Bárcenas P., Pérez Elortondo,F.J., Albisu, M.
Sensory comparison of several cheese varieties manufactured from different milk sources
J. Sensory Stud. 20, 62-74, 2005

Barron L.J.R., Redondo Y., Aramburu M., Pérez-Elortondo F.J., Albisu M., Nájera A.I., de Renobales M.
Variations in volatile compounds and flavour in Idiazabal cheese manufactured from ewes' raw milk in farmhouse and factory
J. Sci. Food Agric. 85, 1660-1671, 2005

Barron L.J.R., Redondo Y., Ortigosa M., Carbonell M., García S., Torre P., de Renobales M., Fernández-García E.
Comparison of dynamic headspace methods used for the analysis of the volatile composition of Spanish PDO ewes' raw milk cheeses
Lait 85, 491-513, 2005

Svensson I., Hernández I., Virto M., de Renobales M.
Determination o lipase activity in cheese using trivalerin as substrate
Int. Dairy J. 16, 423-430, 2006

Pérez Elortondo F.J. Ojeda M., Albisu M., Salmerón J., Etayo I., Molina M.
Food quality certification: an approach for the development of accredited sensory evaluation methods
Food Qual. Pref. en prensa, 2006

Barron L.J.R., Redondo Y., Aramburu M., Gil P., Pérez-Elortondo F.J., Albisu M., Nájera A.I., de Renobales M., Fernández-García, E.
Volatile composition and sensory properties of an industrial ewe's milk cheese (Idiazabal)
Int. Dairy J. en prensa, 2006

sos elaborados con cuajo artesanal de cordero en pasta o con lipasa pregástrica y cuajo bovino comerciales eran indistinguibles desde el punto de vista sensorial y analítico.

- Optimización del proceso de fabricación industrial de un cuajo en pasta comercial, estandarizado, en colaboración con la empresa Cuajos Caporal (Valladolid) y la Universidad de Murcia. El prototipo industrial seleccionado se ensayó en fabricaciones comerciales de queso Manchego, Zamorano y Al Vino (queso de cabra de Murcia), además de queso Idiazabal, realizadas por queseros adscritos a las respectivas Denominaciones de Origen. Se lograron quesos con sabores distintos y más intensos que, en algunos casos recordaban a los sabores tradicionales y, en otros podrían dar lugar a nuevos productos.
- Comprobación de que la utilización de cuajos de cordero en pasta producen quesos que cumplen con los requisitos higiénico-sanitarios de la legislación vigente.
- Identificación de los compuestos volátiles presentes en el queso Idiazabal elaborado en diferentes condiciones, y determinación de su perfil característico, en el que predominan los ácidos grasos de cadena corta. Otros compuestos volátiles presentes en el aroma del queso Idiazabal son alcoholes ramificados, alcoholes secundarios, metil-cetonas, hidroxi-cetonas, esteres etílicos, aldehídos, hidrocarburos y terpenos. Se han establecido correlaciones de interés entre los compuestos volátiles y los atributos sensoriales de olor del queso. Por otra parte, se han establecido diferencias importantes en el perfil de compuestos volátiles entre quesos elaborados en granja y quesos industriales, así como entre quesos industriales elaborados a partir de leche cruda o pasteurizada.
- Caracterización de la diversidad de poblaciones microbianas durante la maduración de quesos elaborados en diferentes condiciones tecnológicas, y efecto de la pasteurización sobre la reducción en diferente grado de las poblaciones microbianas durante la maduración del queso.
- Caracterización molecular y metabólica (investigación en curso) de una colección de mas de 300 cepas de enterococos aisladas de leche y queso, para identificar aquellas que producen compuestos de interés sensorial, nutricional o sanitario.
- Caracterización (investigación en curso) de los vinos con Denominación de Origen Rioja, en concreto, de aquellas bodegas que se encuentran en

la zona de Álava. El Laboratorio de Análisis Sensorial de la UPV/ EHU ha desarrollado un método especifico de evaluación de la calidad del vino tinto joven de Rioja Alavesa. Se ha conformado un panel de expertos que en este momento esta participando en un entrenamiento específico para evaluar la calidad de los tintos jóvenes y criados en barrica de Rioja Alavesa.

El grupo dispone de varios laboratorios de investigación especializados con capacidad para llevar a cabo diferentes técnicas analíticas para el análisis de alimentos, como son los laboratorios de preparación de muestra, laboratorios de técnicas instrumentales, laboratorio de bioquímica y biología molecular, laboratorio de microbiología, y laboratorio de análisis sensorial. Este último, denominado Laboratorio de Análisis Sensorial de la UPV/EHU, es un laboratorio acreditado para el control de calidad del queso con Denominación de Origen Idiazabal (ENAC, No 472 / LE 1020). Además, el grupo de investigación dispone de una planta piloto para elaboración de quesos.

Los laboratorios de preparación de muestra están dotados del equipamiento adecuado para realizar extracciones de distinto tipo, aislamiento, concentración y conservación de muestras. Los laboratorios de técnicas instrumentales están dotados con equipos analíticos de alto rendimiento como son cromatógrafos de gases (GC) con detectores FID y MS, cromatógrafos de líquidos de alta resolución (HPLC) con detectores de fluorescencia, fotodiodos, y difusión de luz, equipos de electroforesis, y espectrofotómetros UV/VIS. El laboratorio de microbiología cuenta entre sus equipamientos con estufas de cultivo para aerobios y anaerobios, microscopios binoculares, campana de flujo laminar y equipo de electroforesis en campo pulsado. El laboratorio de bioquímica y biología molecular está dotado con ultra-centrífuga y super-centrífuga, así como con el equipamiento necesario para realizar técnicas moleculares (PCR). El laboratorio de análisis sensorial cuenta con una sala de cata informatizada, y cocina, perfectamente equipadas para el desarrollo de las sesiones de análisis. La planta piloto de elaboración de quesos dispone de los equipos necesarios para realizar fabricaciones de quesos a pequeña escala (cubas de 60 litros), así como la maduración de los mismos.

Seguridad alimentaria: determinación de sustancias tóxicas en alimentos

Francisca Vicente Estévez, Blanca Gallo Hermosa y Luis Ángel Berruela Simal
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Departamento de Química Analítica

Resumen

Dentro de esta línea hemos estudiado los residuos de pesticidas encontrados en los productos derivados de la colmena (la miel y la cera), estableciendo contacto con dos grupos con amplia experiencia en este campo: el grupo del Prof. S. Bogdanov del Dairy Research Institute (Berna, Suiza) y el de la Prof. G. Sabatini del Istituto Nazionale di Apicoltura (Bolonia, Italia). Con el primero de estos grupos tenemos tres publicaciones conjuntas [4, 7, 8]. Además, se presentó una tesis doctoral [1], cuya autora Dña. Edurne Korta trabaja actualmente en el laboratorio de investigación de la empresa farmacéutica FAES FARMA, S.A.

Por otra parte, en el año 1999 establecimos un contrato de investigación con la empresa alimentaria Unilever Foods España, S.A. (antes AGRA, S.A.) (años 1999 a 2002) que ha tenido como finalidad la optimización de los procesos de producción de alimentos grasos con el fin de controlar y reducir sus contenidos en Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (PAHs), sustancias consideradas agentes cancerígenos. Estos estudios han sido además cofinanciados a través de un proyecto de fondos FEDER concedido por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Este trabajo ha dado lugar a la realización de una tesis doctoral [2], cuyo autor Don Alejandro Barranco trabaja en la actualidad como investigador en un Centro Tecnológico de la Comunidad Autónoma del País Vasco (AZTI).

1. Caracterización del perfil polifenólico de manzanas y sidras del País Vasco

En el año 1998 nos adentramos en el análisis de productos naturales en alimentos, inicialmente compuestos polifenólicos en manzanas y sidras. En este tema hemos realizado una tesis doctoral [13] y 10 artículos [14-23]. Este trabajo de tesis doctoral ha recibido el XI Premio Félix Mocoroa de Investigación en Alimentación Vasca y la autora del mismo está actualmente contratada en el Joint Research Centre-European Comisión Institute for Health and Consumer Protection-Physical and Chemical Exposure Unit en Ispra (Italia).

En esta línea de trabajo se ha puesto a punto la metodología analítica para la determinación de polifenoles en tejidos de manzana y sus productos derivados, zumos y sidras, y en la caracterización estructural de los polifenoles encontrados en las manzanas. Además, se han llevado a cabo diferentes estudios relacionados con los contenidos polifenólicos en manzanas y sidras: Se han caracterizado

variedades autóctonas de manzana de sidra del País Vasco en base a sus perfiles polifenólicos y se han relacionado con ciertas propiedades como son su susceptibilidad al pardeamiento, sus cualidades sensoriales de amargor y astringencia, su estado de maduración y su capacidad de conservación de los productos derivados mediante el control de la flora microbiana. También, se han relacionado los perfiles polifenólicos de las sidras comerciales elaboradas en el País Vasco con la procedencia geográfica de la manzana mayoritariamente utilizada en su elaboración (Galicia o Francia), pudiéndose establecer y predecir dicha procedencia. Se han diferenciado sidras según la metodología de elaboración utilizada: la tradición vasca o francesa. Y también, se ha estudiado la influencia de factores tecnológicos, concretamente el tipo de prensa y depósito y la mezcla de variedades de manzana, en la composición polifenólica del mosto, del mosto en fermentación y de la sidra durante el proceso de maduración y conservación de la misma.

La realización de estos proyectos nos ha permitido establecer relación con las asociaciones de productores de sidra natural de Bizkaia y Gipuzkoa. Asimismo, hemos contactado con dos grupos europeos de relevancia en este campo y con el grupo del profesor C. Herrero del Dpto. de Química Analítica, Nutrición y Bromatología de la Universidad de Santiago de Compostela, experto en Quimiometría, mediante la realización de estancias cortas. Estos grupos europeos son: el grupo del Prof. K. Hostettmann del Institute de Pharmacognosie et Phytochimie de la Universidad de Lausana (Suiza) y el grupo de los doctores S. Guyot y J.F. Drilleau del Laboratoire de Recherches Cidricoles, Biotransformation des Fruits et Légumes del INRA (Rennes, Francia). El fruto de estas colaboraciones se refleja en una serie de publicaciones conjuntas [17-19, 21, 22].

2. Búsqueda de marcadores químicos de tipo polifenólico para la autentificación de alimentos derivados de frutas

Dentro de esta misma línea de productos naturales en alimentos, estamos en la actualidad finalizando un trabajo de tesis doctoral cuyo objetivo es buscar marcadores químicos dentro de la familia de los compuestos polifenólicos, que puedan ser empleados en la autentificación de alimentos de origen vegetal, comenzando con los zumos y otros productos derivados de las frutas.

Hemos cuantificado polifenoles pertenecientes a diferentes familias (flavan-3-oles, flavonoles, flavonas, flavanonas, dihidrochalconas, antocianinas, ácidos hidroxicinámicos e hidroxibenzoicos) en zumos de 87 variedades de 17 frutas diferentes

utilizando Cromatografía Líquida de Alta Resolución con detección de fotodiodos (HPLC-DAD). En este estudio se han detectado bastantes polifenoles que no se han podido identificar mediante HPLC-DAD y que estamos actualmente procediendo a su identificación mediante el empleo de técnicas como la Cromatografía Líquida de Alta Resolución-Espectrometría de Masas en tándem (HPLC-MS/MS).

Los resultados hasta ahora obtenidos quedan reflejados en dos tesis de licenciatura [24, 25] y en ocho comunicaciones presentadas a congresos [26-33].

3. Caracterización polifenólica de variedades de vid empleadas en la elaboración de vinos tintos

En este caso hemos estudiado los contenidos polifenólicos de txakolís (vinos típicos del País Vasco) tintos que nos aporta la Diputación Foral de Bizkaia y txakolineros de la Denomicación de Origen de Txakoli de Bizkaia, todos ellos muestras controladas de las que conocemos las variedades de uva y los detalles tecnológicos de su elaboración. Los resultados hasta ahora obtenidos son:

- Se han caracterizado los contenidos polifenólicos, con especial hincapié en las antocianinas, de las variedades Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Berdexa Beltza y Berdexa Sarie y Hondarrabi Beltza de tres campañas sucesivas, en las uvas, en mostos monovarietales obtenidos con las mismas en el laboratorio y en los txakolis.
- Se han determinado en todos los casos una serie de parámetros relacionados con el color (parámetros o índices CIELab, índice de polifenoles totales, índice de antocianos totales, índice de PVP, índice de ionización e índice de taninos condensados o procianidinas).
- Se ha puesto a punto una metodología de análisis de los antocianos monoméricos perfectamente validada y contrastada.
- Se ha estudiado la evolución de los contenidos polifenólicos a lo largo del proceso de maceración y vinificación en diferentes Txakolis de las tres cosechas realizadas.

Actualmente se está realizando un estudio quimiométrico dirigido a establecer las relaciones existentes entre la evolución del contenido antociánico y el color de todas las muestras estudiadas.

Los resultados hasta ahora obtenidos han permitido realizar una tesis de licenciatura [34], presentar cuatro comunicaciones a congresos [35-38] y están sirviendo de base para una tesis doctoral.

4. Caracterización del perfil aromático de vinos tintos

Asimismo, la caracterización del aroma y su relación con la composición en componentes volátiles de vinos tintos de Rioja alavesa y de txakolis, está siendo objeto de nuestro interés. En este sentido los objetivos que tenemos son los siguientes:

- Relación del aroma con la composición en compuestos volátiles mayoritarios y minoritarios del vino. Identificación de los aromas característicos y diferenciadores de cada tipo de vino. Influencia de la composición polifenólica en el aroma.
- Evolución del aroma y de la composición volátil a lo largo de la vinificación y crianza.
- Relación con las variedades de uva empleadas en la elaboración.
- Relación con la edad de los vinos (vinos jóvenes, crianza, reserva o gran reserva).

5. Influencia de los procesos químicos y enzimáticos sufridos por los compuestos polifenólicos en la evolución del color y otros caracteres organolépticos en el vino y otras bebidas

Los caracteres organolépticos de muchos alimentos están muy relacionados con su composición y contenido polifenólico inicial, que está, a su vez, controlado por factores como la especie y variedad vegetal de que se trate, su origen geográfico, madurez y condiciones de cultivo y de procesado tecnológico. Sin embargo, durante las etapas de maduración y envejecimiento (caso de vinos y sidras) y de conservación hasta su consumo final (para todos los alimentos), se producen modificaciones en la fracción polifenólica que afectan a las propiedades organolépticas; cambios, que en ocasiones son muy deseables para la calidad del alimento, pero en otras son contraproducentes. Estas alte-

raciones en los polifenoles se deben a su facilidad para interaccionar entre sí y con otras moléculas, de naturaleza muy variada, originando nuevas especies químicas que modifican propiedades como el color, el amargor o la astringencia.

En esta línea de trabajo se pretende investigar la relación entre la evolución de algunos caracteres organolépticos concretos (color del vino y astringencia de la sidra, inicialmente; se podrá ampliar si se estima conveniente durante el desarrollo del estudio al color de zumos de frutas) y la aparición de especies condensadas de polifenoles, identificando las estructuras de las especies polimerizadas detectadas y elucidando el mecanismo químico por el que se hayan podido formar (condensaciones directas o inducidas por la presencia de alguna molécula especial, posible implicación de la presencia de acetaldehído, de acroleína o de otros aldehídos, etc...).

6. Aplicación de la Espectroscopía Infrarroja con Transformada de Fourier a la determinación de la composición polifenólica y color del vino

Ésta es una línea iniciada recientemente y el objetivo general consiste en realizar un estudio que permita encontrar correlaciones estadísticas entre resultados obtenidos por espectroscopía de IR medio y NIR con transformada de Fourier en vinos tintos de Rioja alavesa con información de composición polifenólica, obtenida por técnicas de referencia como el HPLC-DAD, y con el color de estos vinos.

Si las correlaciones que se encuentren son estadísticamente fiables, podrán servir como calibración para poder obtener valores detallados de la composición polifenólica de una muestra de vino a nivel de bodega mediante una rápida medida de espectroscopía de IR medio y NIR con transformada de Fourier (menos de un minuto), que sólo requiere un tratamiento previo del vino tan sencillo como la eliminación de los sólidos en suspensión y los gases disueltos. Desde el punto de vista del enólogo, el disponer de información concreta y detallada de los diferentes compuestos individuales que forman parte del color, de cara a la estabilidad del mismo con el tiempo, es muy importante atendiendo a parámetros de calidad del producto, y sobre todo si esa información es rápida, exacta y precisa.

Anotación final

Para la realización de estas investigaciones hemos contado y seguimos disponiendo de financiación tanto de instituciones públicas (UPV/EHU, Departamentos de Educación y de Agricultura del Gobierno Vasco, y del Ministerio de Ciencia y Tecnología), como privadas (Unilever Food España, Asociaciones de Elaboradores de sidra natural de Bizkaia y Gipuzkoa). Además, hemos contado con el interés y colaboración de otros organismos y empresas como la Asociación de Apicultores de Bizkaia, las Diputaciones Forales de Bizkaia y Gipuzkoa, la denominación de origen de Txakoli de Bizkaia, y las Bodegas Faustino, Cvne, Unión de Cosecheros de Labastida, Torre de Oña, El Coto y Asociación de Bodegas de Rioja Alavesa.

Además de los recursos humanos con los que cuenta el grupo, ya señalados al principio de esta memoria, disponemos del equipamiento científico necesario para afrontar los retos de investigación planteados. Entre ellos, caben destacar:

- Cromatógrafo de HPLC-DAD, Agilent 1100.
- Cromatógrafo de HPLC-DAD, Shimadzu 10AD.
- Cromatógrafo de HPLC-Fluorescencia, Agilent 1100.
- Cromatógrafo GC-FID, Shimadzu 2010.
- Liofilizador HETO FD 1.0.
- Extractor de Fluidos Supercríticos (SFE), ISCO SFX^{TM} 220.

La reciente adquisición de un equipamiento de Cromatografía Líquida acoplada a la Espectrometría de Masas en tandem (HPLC-MS/MS) nos permitirá mejorar la profundidad y detalle de los estudios hasta ahora realizados.

Finalmente, cabe mencionar que nuestro grupo está implantando un sistema de aseguramiento de la calidad, siguiendo las normas conocidas como buenas prácticas de laboratorio (BPLs).

Referencias

[1] E. Corta: «Estudio de la determinación de residuos de acaricidas en muestras apícolas», tesis doctoral, UPV/EHU, 2000.

[2] A. Barranco: «Estudio de la determinación de Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (PAHs) en aceites vegetales comestibles», tesis doctoral, UPV/EHU, 2003.

[3] E. Corta, A. Bakkali, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Kinetics and mechanism of amitraz hydrolysis in aqueous media by HPLC and GC-MS», Talanta 1999, 48, 189-199.

[4] E. Corta, A. Bakkali, A. Barranco, L.A. Berrueta, B. Gallo, F. Vicente & S. Bogdanov: «Study of the degradation products of bromopropylate, chlordimeform, coumaphos, cymiazol, flumethrin and tau-fluvalinate in aqueous media», Talanta 2000, 52, 169-180.

[5] E. Korta, A. Bakkali, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Study of semi-automated solid-phase extraction for the determination of acaricide residues in honey by liquid chromatography», J. Chromatogr. A 2001, 930, 21-29.

[6] E. Korta, A. Bakkali, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Study of an accelerated solvent extraction procedure for the determination of acaricide residues in honey by HPLC-DAD», J. Food Protect. 2002, 65(1), 161-166.

[7] E. Korta, A. Bakkali, L.A. Berrueta, B. Gallo, F. Vicente, V. Kilchenmann & S. Bogdanov: «Determination of amitraz and other acaricie residues in beeswax», Anal. Chim. Acta 2003, 475 (1-2), 97-103.

[8] E. Korta, A. Bakkali, L.A. Berrueta, B. Gallo, F. Vicente, V. Kilchenmann & S. Bogdanov: «Study of acaricide stability in honey. Characterization of amitraz degradation products in honey and beewax», J. Agric. Food Chem. 2001, 49, 5835-5842.

[9] A. Barranco, R. M. Alonso-Salces, A. Bakkali, L. A. Berrueta, B. Gallo, F. Vicente & M. Sarobe: «Solid Phase Clean-up in the Liquid Chromatographic Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Edible Oils», J. Chromatogr. A 2003, 988, 33-40.[29]

[10] A. Barranco, R. M. Alonso-Salces, L. A. Berrueta, B. Gallo, F. Vicente & M. Sarobe: «Comparison of two Sample Clean-up Methodologies for the Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Edible Oils», J. Sep. Sci. 2003, 26(17), 1554-1562.

[11] A. Barranco, R. M. Alonso-Salces, L. A. Berrueta, B. Gallo, F. Vicente & M. Sarobe: «Comparison of donor-acceptor and alumina columns for the extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons from edible oils», Food Chem. 2004, 86(3), 465-474.

[12] A. Barranco, R. M. Alonso-Salces, I. Crespo, L. A. Berrueta, B. Gallo, F. Vicente & M. Sarobe: «Polycyclic Aromatic Hydrocarbon content in commercial spanish fatty foods», J. Food Protect. 2004, 67(12), 2786-2791.

[13] R. M. Alonso-Salces: «Caracterización del perfil polifenólico de manzanas y sidras del País Vasco», tesis doctoral, UPV/EHU, 2003.

[14] R.M. Alonso-Salces, E. Korta, A. Barranco, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Pressurized Liquid Extraction for the Determination of Polyphenols in Apple», J. Chromatogr. A 2001, 933, 37-43.

[15] R.M. Alonso-Salces, E. Korta, A. Barranco, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Determination of Polyphenol Profiles of Basque Cider Apple Varieties using Accelerated Solvent Extraction», J. Agric. Food Chem. 2001, 49, 3761-3767.

[16] R.M. Alonso-Salces, A. Barranco, B. Abad-García, L. A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Polyphenolic profiles of basque cider apple cultivars and their technological properties», J. Agric. Food Chem. 2004, 52, 2938-2952.

[17] R.M. Alonso-Salces, S. Guyot, C. Herrero, L.A. Berrueta, J.F. Drilleau, B. Gallo & F. Vicente: «Chemometric characterisation of Basque and French ciders according to their polyphenolic profiles», Anal. Bioanal. Chem. 2004, 379(3), 464-475.

[18] R. M. Alonso-Salces, K. Ndjoko, E. F. Queiroz, J.R. Ioset, K. Hostettmann, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «On-line characterisation of apple polyphenols by liquid chromatography coupled with mass spectrometry and ultraviolet absorbance detection», J. Chromatogr. A 2004, 1046(1-2), 89-100.

[19] R.M. Alonso-Salces, S. Guyot, C. Herrero, B. Gallo, J.F. Drilleau, L.A. Berrueta & F. Vicente: «Chemometric clasification of Basque and French ciders based on their total polyphenol content and CIELab parameters «, Food Chem. 2005, 91(1), 91-98.

[20] R.M. Alonso-Salces, A. Barranco, E. Corta, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «A validated solid-liquid extraction for the determination of polyphenols in apple tissues. Comparison with pressurized liquid extraction», Talanta 2005, 65, 654-662.

[21] R. M. Alonso-Salces, C. Herrero, A. Barranco, B. Gallo, L. A. Berrueta & F. Vicente: «Classification of apple fruits according to their maturity state by pattern recognition analysis of their polyphenolic composition», Food Chem. 2005, 93, 113-123.

[22] R. M. Alonso-Salces, C. Herrero, A. Barranco, B. Gallo, L. A. Berrueta & F. Vicente: «Technological classification of basque cider apple cultivars according to their polyphenolic profiles by pattern recognition analysis», J. Agric. Food Chem. 2004, 52, 8006-8011.

[23] R.M. Alonso-Salces, A. Barranco, D. M. López-Márquez, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Polyphenolic composition of basque natural ciders. A chemometric study», Food Chem. (En prensa).

[24] B. Abad-García: «Estudio del perfil polifenólico de los zumos de frutas», Tesis de licenciatura, UPV/EHU, Junio 2004.

[25] M. B. Sánchez-Martínez de Ilarduya: «Comparación del perfil polifenólico de los zumos de frutas de hueso», Tesis de licenciatura, UPV/EHU, Julio 2005.

[26] B. Abad-García, I. Crespo-Ferrer, D. M. López-Márquez, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Characterization of red fruit jueces by their anthocyanin profile», Euroanalysis XIII, Salamanca, 2004.

[27] B. Abad-García, D. M. López-Márquez, M. B. Sánchez-Martínez de Ilarduya, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Identification and quantitation of polyphenolic antioxidants content in orange and apple juices», 2nd Spanish and Portuguese Congress on Free Radicals, Bilbao, 2004.

[28] B. Abad-García, D. M. López-Márquez, M. B. Sánchez-Martínez de Ilarduya, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Optimization and validation of the methodology for the determination of anthocyanins in red fruit juices», XXIII International Conference on Polyphenols, Canadá, 2006.

[29] B. Abad-García, D. M. López-Márquez, M. B. Sánchez-Martínez de Ilarduya, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Optimization and validation of a strategy for the determination of phenolic compounds in fruit juices», XXIII International Conference on Polyphenols, Canadá, 2006.

[30] B. Abad-García, D. M. López-Márquez, M. B. Sánchez-Martínez de Ilarduya, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Characterization of anthocyanidins and their O-glyco-

sides by liquid chromatography coupled to electrospray ionization tandem mass spectrometry and photodiode array detection», XXIII International Conference on Polyphenols, Canadá, 2006.

[31] B. Abad-García, D. M. López-Márquez, M. B. Sánchez-Martínez de Ilarduya, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «On-line characterization of *Citrus* flavones by liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry and photodiode array detection», XXIII International Conference on Polyphenols, Canadá, 2006.

[32] B. Abad-García, D. M. López-Márquez, M. B. Sánchez-Martínez de Ilarduya, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Guidelines for the structural identification of flavonoid O-diglycoside isomers in positive electrospray ionization triple quadrupole mass spectrometry», XXIII International Conference on Polyphenols, Canadá, 2006.

[33] M. B. Sánchez-Martínez de Ilarduya, B. Abad-García, D. M. López-Márquez, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Polyphenolic content in stone fruit juices of Spanish cultivars», XXIII International Conference on Polyphenols, Canadá, 2006.

[34] D. M. López-Márquez: «Caracterización y evolución del perfil antociánico en txakoli tinto», Tesis de licenciatura, UPV/EHU, Julio 2005.

[35] D. M. López-Márquez, B. Abad-García, I. Crespo-Ferrer, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Evolution of anthocyanin pigments and colour during vinification of Txakoli wines», Euroanalysis XIII, Salamanca, 2004.

[36] D. M. López-Márquez, B. Abad-García, M. B. Sánchez-Martínez de Ilarduya, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Phenolic antioxidants content of txakoli wines», 2nd Spanish and Portuguese Congress on Free Radicals, Bilbao, 2004.

[37] D. M. López-Márquez, B. Abad-García, M. B. Sánchez-Martínez de Ilarduya, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Evolución y relación del contenido antociánico con el color en txakolis tintos», VII Jornadas Científicas de los Grupos de Investigación Enológica, Palencia, 2005.

[38] D. M. López-Márquez, B. Abad-García, M. Romera-Fernández, L.A. Berrueta, B. Gallo & F. Vicente: «Comparison of the anthocyanic content and colour in txakoli wines during the vinification process», XXIII International Conference on Polyphenols, Canadá, 2006.

Aplicación de la tecnología del ADN en la seguridad y calidad agroalimentaria

Andone Estonba y Carmen Manzano
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea,
Departamento de Genética, Antropología Física y Fisiología Animal

Resumen

La demanda de transparencia en la cadena alimentaria es cada vez mayor, como consecuencia, básicamente, de las alarmas alimentarias que hemos vivido recientemente (vacas locas, fiebre aftosa, contaminación por dioxinas, etc.), del creciente interés de los consumidores en la bioseguridad y del deseo de productos con atributos específicos. Por todo ello, el concepto de trazabilidad se ha hecho presente en el sector agroalimentario. Así, bajo el prisma de la seguridad alimentaria, la trazabilidad puede ser definida como la capacidad para documentar todos los elementos relevantes —movimientos, procesos, controles— necesarios para definir la historia de un producto, pudiendo ser utilizada para certificar la calidad de un alimento, su origen y también su seguridad en relación a unos estándares conocidos. En este sentido, la trazabilidad se convierte en la herramienta principal tanto para asegurar la responsabilidad efectiva de los industriales, granjeros y operarios de los alimentos en relación a la calidad final del producto, como para acometer y manejar riesgos de forma efectiva.

La tecnología del ADN permite identificar los animales y sus productos gracias a su propio ADN, a su «huella» genética, y no a una etiqueta o crotal asociado a ellos. Además, el tipado de ADN es muy preciso y, dado su alto nivel de automatización, está libre de los errores humanos que pueden estar asociados con los sistemas de etiquetado manuales. Estas cualidades convierten a la tecnología del ADN en una herramienta básica para la trazabilidad en el sector alimentario, y en poco tiempo su uso se está generalizando en los procesos que pretenden garantizar la calidad y seguridad de un alimento.

En la Unidad de Secuenciación y Genotipado de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU se utilizan las últimas tecnologías de ADN y de bioinformática en diferentes líneas de aplicación centradas en la calidad y seguridad alimentaria, a saber: Trazabilidad desde el origen, donde incluimos también la identificación individual y el control de genealogías; Autentificación de la especie o del origen geográfico de un alimento; Conservación de recursos genéticos de interés alimentario y Selección de individuos resistentes a patógenos.

1. Trazabilidad

1.1. Introducción

La demanda de transparencia en la cadena alimentaria es cada vez mayor, como consecuencia, básicamente, de las alarmas alimentarias que hemos vivido recientemente (vacas locas, fiebre aftosa, contaminación por dioxinas...), del creciente interés de los consumidores en la bioseguridad y del deseo de productos con atributos específicos. Por todo ello, el concepto de trazabilidad se ha hecho presente en el sector agroalimentario.

Con el fin de afianzar la confianza del consumidor tanto en el sector agroalimentario como en las distintas Administraciones, durante el año 2002 el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea desarrollaron el Reglamento (CE) n.º 178/2002, del 28 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad europea de Seguridad Alimentaria y se fijan los procedimientos correspondientes. En dicho reglamento, se define la trazabilidad como «la posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución, de un alimento, un pienso, un animal destinado a la producción de alimentos o una sustancia destinados a ser incorporados en alimentos o piensos o con probabilidad de serlo». Asimismo, recoge que en todas las etapas de producción, transformación y distribución deberá asegurarse la trazabilidad de los alimentos.

Los sistemas de trazabilidad tienen como objetivo documentar la historia de un producto a lo largo de toda la cadena de producción, desde la materia prima hasta el producto consumido. El objetivo de estos sistemas no se limita a la habilidad de detectar y trazar lotes de productos de alto riesgo, sino que también busca asegurar procesos de calidad para los productos. Así, bajo el prisma de la seguridad alimentaria, la trazabilidad puede ser definida como la capacidad para documentar todos los elementos relevantes —movimientos, procesos, controles— necesarios para definir la historia de un producto, pudiendo ser utilizada para certificar la calidad de un alimento, su origen y también su seguridad en relación a unos estándares conocidos. En este sentido, la trazabilidad se convierte en la herramienta principal tanto para asegurar la responsabilidad efectiva de los industriales, granjeros y operarios de los alimentos en relación a la calidad final del producto, como para acometer y manejar riesgos de forma efectiva.

Todo ello está forzando el desarrollo de sistemas de trazabilidad más rápidos y económicos: cuanto mejor y más preciso sea el sistema de trazado, más eficaz será el sistema de seguridad alimentaria y los problemas de calidad serán identificados y resueltos más rápidamente.

La experiencia adquirida estos últimos años, sobre todo durante la crisis de la encefalopatía espongiforme bovina (BSE), puso en evidencia las dificultades que entrañaba el trazado de productos cárnicos a través de la cadena de producción y abastecimiento. Esta experiencia demostró que los sistemas convencionales de identificación por medio del uso de crotales y etiquetas conllevan niveles de error significativos y que no son suficientes para garantizar el origen certero de un animal y, menos aún, para la vigilancia posterior a la comercialización de sus productos derivados.

La tecnología del ADN puede ayudar a salvar estas dificultades porque permite identificar los animales y sus productos gracias a su propio ADN, a su «huella» genética, y no a una etiqueta o crotal asociado a ellos. Además, el tipado de ADN es muy preciso y, dado su alto nivel de automatización, está libre de los errores humanos que pueden estar asociados con los sistemas de etiquetado manuales. Estas cualidades convierten a la tecnología del ADN en una herramienta básica para la trazabilidad en el sector alimentario, y en poco tiempo su uso se está generalizando en los procesos que pretenden garantizar la calidad y seguridad de un alimento.

Probablemente las innovaciones tecnológicas que más han impulsado la aceptación generalizada de los nuevos conceptos de trazabilidad basada en la metodología del ADN sean las relacionadas con la tecnología de análisis del ADN y la bioinformática.

Los sistemas genéticos de trazado utilizan la variación natural del código de ADN, que está formada por cuatro unidades o nucleótidos (A = adenina, C = citosina, G = guanina, T = timina) y se engloban, básicamente en tres tipos: el primero utiliza polimorfismos de fragmentos de restricción (RFLPs), el segundo utiliza loci microsatélites y el tercero los polimorfismos de un único núcleotido (SNPs, dicho snip).

Los RFLPs se desarrollaron a mediados de 1980. Son fragmentos de ADN de longitud variable separados mediante electroforesis que se originan mediante enzimas que reconocen y cortan en un determinado sitio el ADN. La presencia

o ausencia de esos sitios en el genoma de un individuo produce la variación en la longitud de los fragmentos.

A finales de los años 80, y después del desarrollo de la tecnología de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), se descubrió otro tipo de marcador: los loci microsatélite o regiones repetitivas del genoma, hipervariables en cuanto al número de repeticiones se refiere. La utilización de loci microsatélites está muy extendida actualmente; constituyen la base de los análisis forenses en muchos países y debido al alto número de variantes genéticas (alelos) que se puede encontrar en cualquier locus, los microsatélites son muy atractivos cuando el objetivo es la identificación individual.

Como su nombre indica, los SNPs se refieren a la variación genética en su nivel más bajo posible: una única base o nucleótido. Son unidades del código que varían de unos individuos a otros, de modo que, por ejemplo, en el sitio del genoma en el que un individuo tiene una «A» otro individuo muestra una «C». Los SNPs son, por tanto, como un código digital, constituyendo los marcadores genéticos más simples y abundantes del genoma. El desarrollo tecnológico asociado al tipado de SNPs de los últimos años ha abaratado los costes de laboratorio, ha reducido los tiempos y ha automatizado los análisis, convirtiendo a los SNPs en la opción del futuro.

Por otro lado, el desarrollo de la bioinformática ha permitido la elaboración de complejas bases de datos y de programas, que permiten el manejo y tratamiento eficiente de toda la información generada en el proceso de traza.

La aplicación de estas innovaciones tanto genéticas como bioinformáticas en los análisis de la trazabilidad puede abordarse desde dos perspectivas: (1) Trazabilidad de un alimento desde su origen, muy utilizada en el caso de productos de calidad con denominación de origen, como, por ejemplo, la carne con label. Incluimos aquí también la identificación del animal vivo y el control de genealogías. (2) Autentificación de una especie o del origen geográfico de un alimento. Este enfoque tiene mucha importancia comercial en el sector pesquero.

1.2. Trazabilidad desde el origen

El desarrollo de sistemas de trazabilidad de alimentos es uno de los mandatos previstos por la Ley del Alimento en Europa o por el Acta de Bioterrorismo

de US. Según la legislación Europea, desde Enero de 2005 deberíamos ser capaces de trazar nuestros alimentos tanto «desde la granja hasta el tenedor» como «hacia atrás», desde el plato hasta su fuente de origen. El sistema de identificación debería ayudarnos a conocer dónde ha estado el alimento, y a dónde viaja desde puertos, industrias o distribuidores de todo el planeta.

El principio básico de la trazabilidad desde el origen basada en el ADN es que cada animal es genéticamente único y que el propio código de ADN del animal puede ser empleado para identificarlo y también para identificar los productos derivados de él. De modo sencillo, el producto mismo actúa como etiqueta de sí mismo.

Esta forma de identificación mediante el ADN tiene una serie de ventajas, entre ellas, que el código es permanente, único para cada individuo y se mantiene intacto durante toda la historia del animal y de sus productos (tanto frescos como cocinados). Como consecuencia, no es necesario un sistema exterior de etiquetado. El ADN recogido en cualquier punto a lo largo de la cadena de producción puede ser confrontado con la historia de animal, estableciendo, de este modo, las bases para un sistema individualizado de trazabilidad del animal. Así, el trazado del ADN puede ligar la carne hasta la granja de origen, pasando por todos los pasos del procesado. Esta habilidad que tienen los sistemas basados en el ADN para abarcar la cadena de producción completa, junto con la ausencia de infraestructuras capitales asociadas y la capacidad de estos sistemas para trazar productos únicamente cuando es requerido, están ocasionando que el uso de esta metodología se esté extendiendo rápidamente.

Hay que resaltar además, que el tipado de ADN es muy preciso y está relativamente libre de los errores humanos inherentes a los sistemas de etiquetado manuales. Por ello, puede ser empleado para auditar y verificar otros sistemas de trazabilidad más susceptibles de error.

El protocolo de actuación para la trazabilidad desde el origen basado en el ADN es prácticamente el mismo independientemente de la especie de ganado a la que hagamos referencia. Se asienta en dos procesos fundamentales: la creación de bases de datos y la comparación de huellas genéticas, y se resume en el gráfico de la figura 1.

Tal y como se refleja en la figura 1, la implementación de la trazabilidad basada en el ADN requiere la recolección de muestras de ADN (muestras de re-

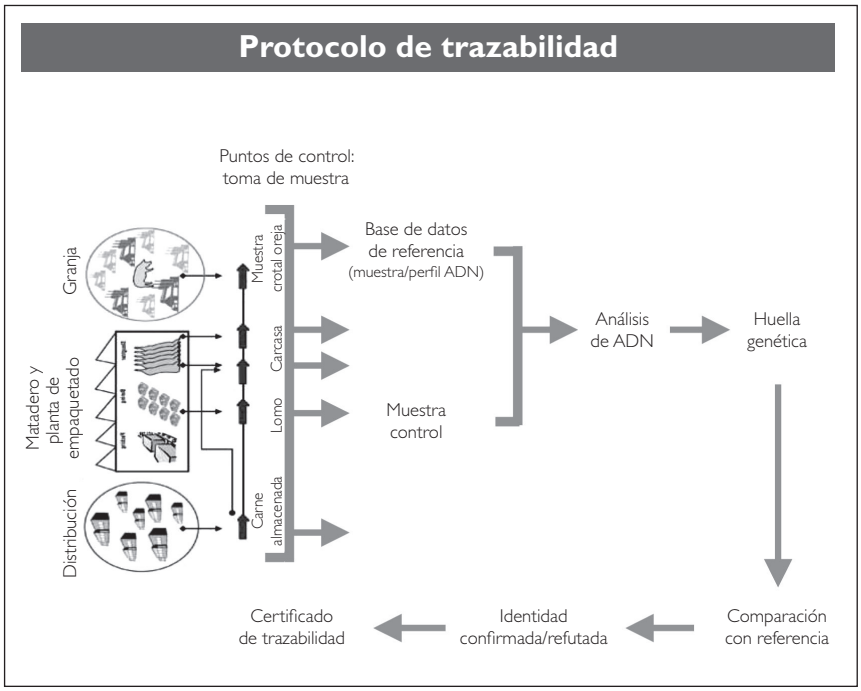


Figura 1

Protocolo de trazabilidad desde el punto de venta
hasta el origen del animal mediante la tecnología del ADN

ferencia) del animal/canal para poder leer el código de ADN. Las muestras pueden ser archivadas para análisis subsiguientes o analizadas, y los perfiles de ADN resultantes almacenados en una base de datos junto a la información sobre el origen del animal. El almacenado de muestras, o el de sus perfiles de ADN asociados, no constituye un sistema de trazabilidad en sí mismo, pero proporciona capacidad para el trazado hacia atrás, que en potencia podría ser empleado para localizar el origen de un producto ante cualquier eventualidad. La trazabilidad se realiza combinando las muestras de referencia con la toma de muestras en un punto posterior de la cadena de producción (muestra de verificación o control). En ambas muestras, referencia y control, se determinan los perfiles de ADN o huellas genéticas y éstas son comparadas para determinar el origen de un corte particular de carne. Así, este protocolo abre la posibilidad de seguir las trazas de los productos comercializados a lo largo de toda la cadena de producción ascendiendo por ésta hasta llegar al animal de origen, desde el punto de venta

hasta la granja, lo que proporciona niveles sin precedentes de trazabilidad hacia atrás.

Las muestras de ADN pueden ser tomadas de cualquier tejido biológico. En la práctica, la toma de muestras de ADN debe ser barata y de ejecución fácil, y debe producir muestras en un formato adecuado para el análisis de laboratorio. Ha habido numerosas innovaciones en el campo de la toma de muestras, destacando la combinación de la identificación del animal vivo con el muestreo de ADN, en el momento del etiquetado de la oreja del animal. Por último señalar que los nuevos procedimientos de muestreo, unido al progreso de la tecnología de tipado de ADN, hacen que la aplicación a gran escala de la trazabilidad mediante ADN sea cada vez más rentable y factible.

La figura 1 muestra una metodología de muestreo múltiple. Esta metodología estructurada puede ser utilizada para trazar productos entre dos puntos predeterminados de la cadena y ayuda a identificar el origen de un fallo cualquiera en la trazabilidad del producto. Una vez que los problemas de trazabilidad han sido identificados y resueltos, es posible utilizar un programa de muestreo menos intensivo para monitorizar la cadena de producción. Tal es el caso del sistema de trazabilidad empleado por la fundación Kalitatea para la marca privada de calidad de carne vacuna «euskal okela» en la que la Unidad de Secuenciación y Genotipado de la UPV/EHU realiza los análisis de ADN. La carne comercializada como «euskal okela» es exclusivamente de terneros nacidos, criados y sacrificados en la CAPV, que proceden de animales de razas autóctonas vascas y sus cruces, y como parte de las garantías hacia el consumidor, requiere de un control de las piezas de carne que se venden en los establecimientos de tal manera que se pueda rastrear en cualquier momento el origen del animal del que provienen. A fin de establecer un sistema eficaz y que, a su vez, interfiera lo mínimo en las prácticas de trabajo rutinarias que se llevan a cabo en la industria cárnica, el muestreo de ADN se realiza en dos puntos de control: se recogen canales en el matadero (muestras de referencia) y en diferentes puntos de venta (muestras de verificación o control). Los perfiles de ADN así obtenidos se comparan y se confirma/refuta la identidad de los mismos.

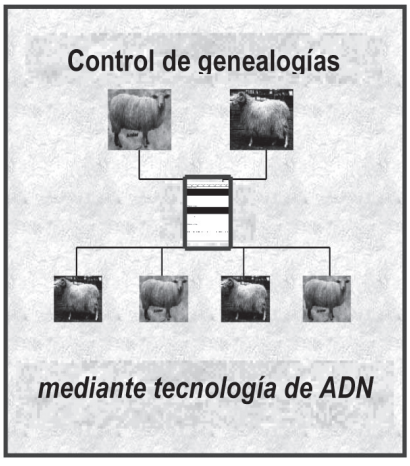
Para la obtención de la huella genética bovina, la Unidad de Secuenciación y Genotipado de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU utiliza un panel de 11 loci microsatélite que incluye los 9 loci básicos acordados por la Comisión Bovina de la «International Society of Animal Genetics (ISAG)» en su XXVII Reunión Internacional celebrada en Minneapolis del 23 al 26 de julio

de 2000 (BM1824, BM2113, SPS115, TGLA122, TGLA126, TGLA227, ETH10, ETH225, INRA023, TGLA53 e ETH3). Este panel de microsatélites proporciona un alto poder de discriminación, de tal modo que la probabilidad de que dos animales cualquiera tengan el mismo genotipo (perfil de ADN) es despreciable.

Identificación del animal vivo y control de genealogías

La huella genética también puede ser utilizada para la identificación del animal vivo y el control de genealogías en Programas de Mejora Genética. La selección aplicada en todo Plan de Mejora está basada en los datos genealógicos y de rendimiento de los animales, por lo tanto es necesario evitar los errores genealógicos ya que disminuirían la respuesta genética a la selección. En general se podría hablar de que el porcentaje en términos de retraso en la ganancia genética esperada es de la misma magnitud que el porcentaje de errores en las genealogías. Más aún, uno de los requisitos exigidos a toda asociación de criadores para su reconocimiento oficial es el de realizar los controles necesarios para llevar adecuadamente los registros genealógicos.

Con respecto a la identificación individual y el control de genealogías en especies de ganado doméstico, la Unidad de Secuenciación y Genotipado de la UPV/EHU oferta este servicio para ganado vacuno (11 microsatélites), ovino (18 microsatélites) y equino (12 microsatélites) que proporcionan porcentajes acumulados de exclusión de la paternidad biológica superiores al 99,9% en todos los casos. Los marcadores utilizados en nuestros análisis están reconocidos por la



Sociedad Internacional de Genética Animal (ISAG), y como garante de la calidad de nuestros análisis participamos desde 1992 en los Test de Comparación bienales que organiza dicha Sociedad.

La puesta a punto de estos sistemas fue un trabajo en colaboración y financiación de las Federaciones de Asociaciones de Ganaderos de las provincias de Gipuzkoa y Araba y la empresa Ardiekin, y el Dpto. de Producción del centro tecnológico NEIKER (Dra. Eva Ugarte).

La aplicación de estos controles de genealogías no se limita actualmente a especies comerciales de ganado, sino que se extiende a Programas de Conservación de razas locales en peligro de extinción, bien sea de especies domésticas como semi-domésticas y salvajes. Un ejemplo es el control de genealogías que realiza la Unidad de Secuenciación y Genotipado de la UPV/EHU para la granja de liebres Larrasal. Esta granja cría liebres locales de la especie *Lepus europaeus* que está en franco retroceso en la cornisa Cantábrica. En este caso, para la obtención de la huella genética de los animales se utilizan 7 loci microsatélites (SOL8, SOL30, SAT2, SAT8, SOL33, SAT12 y SAT5) los cuales proporcionan un porcentaje acumulado de exclusión de la paternidad biológica del 97,4%, es decir, el porcentaje de tríos falsos detectables mediante este sistema es del 97,4%.

Por último, aunque no debe confundirse el término trazabilidad con la identificación de los animales y el control de sus genealogías, ya que el primero engloba más aspectos, es indudable que una correcta trazabilidad pasa en primer término por una correcta identificación individual. Más aún, el sistema empleado para el seguimiento del animal en vida puede constituir una parte esencial de la trazabilidad entera y ser complementaria a la misma. Tal es el caso del sistema de trazabilidad a gran escala desarrollado por las empresas Maple Leaf y Pyxis para el trazado a lo largo de toda la cadena de valor de productos porcinos. Éste se basa en el análisis de ADN de todas aquellas hembras que entran en la producción comercial y sus genotipos son introducidos en una base de datos. Para la verificación del origen, se envían muestras de carne al laboratorio y el consiguiente genotipo (perfil de ADN) es confrontado con la identidad de la madre (Webb, J.). Así, este sistema de trazabilidad aprovecha la posibilidad que proporciona la huella genética tanto para identificar de forma certera un animal y sus productos derivados, como para establecer de forma precisa relaciones de parentesco gracias a la herencia mendeliana de los marcadores utilizados en la tecnología de ADN.

1.3. Autentificación de especies

Otra aplicación de la tecnología del ADN, relacionada con la trazabilidad consiste en la identificación de especies animales en alimentos, mediante la identificación de material genético específico de cada especie.

Hay un método común que permite confirmar la presencia de ADN de una u otra especie en una muestra de alimentos y se lleva a cabo realizando tantas PCRs selectivas como se considere conveniente. Por ejemplo, si se tratara de carnes de hamburguesa se realizarían PCR individuales para detectar ADN porcino, ADN bovino, etc. Las PCRs selectivas que no den resultado en la amplificación y posterior electroforesis indicarán ausencia de material genético de dicha especie, mientras que la obtención de fragmentos amplificados revelará la presencia de la especie correspondiente.

En el caso de los productos marinos, la posibilidad de identificar las diferentes especies de pescado es de gran importancia comercial, especialmente cuando las características externas del pescado tales como las aletas, la piel o la cabeza han sido eliminadas y aparecen en forma de conserva, fileteado o ahumado, entre otras. En este caso, es relativamente fácil sustituir fraudulentamente las variedades más valoradas de pescado por otras de textura similar. La mayoría de los estudios sobre productos procesados están dirigidos a la identificación de especies de atún o salmón ya que al menos 17 especies de pescado de importancia comercial presentan una carne de textura similar a estas especies (Informe Sector Agroalimentario de Genoma España, 2003).

Esta técnica consta de cuatro etapas, siendo la primera de ellas el aislamiento del material genético presente en la muestra, seguida de una amplificación por PCR de los fragmentos de ADN que se quieran identificar. Esta amplificación se realiza mediante la utilización de marcadores fluorescentes de distinto color, que permiten la identificación de la secuencia nucleotídica. El cuarto paso consiste en un análisis filogenético de las secuencias obtenidas, mediante comparación con secuencias pertenecientes a otras especies.

Un método muy extendido para la autentificación de especies es la Técnica PCR-FINS (figura 2). En la misma, una vez obtenida la huella genética de la muestra biológica analizada, principalmente su secuencia de ADN, se procede a realizar un análisis filogenético de las secuencias obtenidas, mediante comparación con secuencias pertenecientes a otras especies. De este modo, se identifica la especie de la que procede la muestra de alimento analizada.

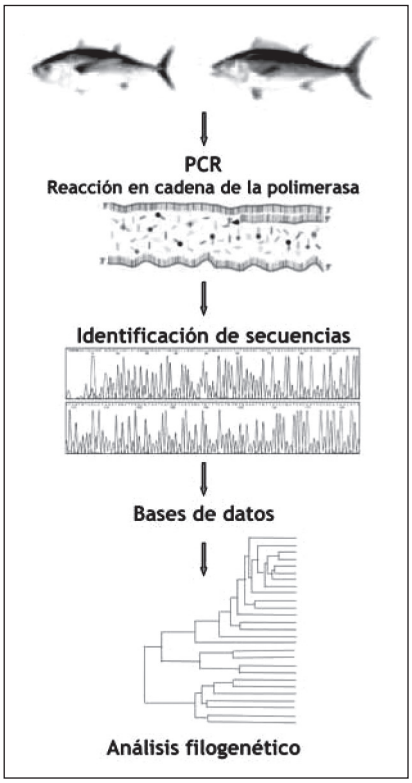


Figura 2

Identificación de especies mediante la técnica de PCR-FINS

Ésta es una de las estrategias que, aplicada a marcadores mitocondriales, es utilizada por el servicio de identificación de especies pesqueras del centro tecnológico AZTI-Tecnalia para el sector pesquero industrial (mayorista, conservero etc.), Centro con el que la Unidad de Secuenciación y Genotipado de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU colabora habitualmente. En este laboratorio además se realizan extracciones de ADN complejas a partir de tejidos degradados y con presencia de aditivos e inhibidores de la PCR, requisito imprescindible cuando se trabaja con pescado que ha sufrido un procesado intensivo. Finalmente, y como consecuencia del trabajo realizado durante los últimos años, AZTI-Tecnalia tiene una base de datos con más de 700 secuencias de ADN mitocondrial pertenecientes a 53 especies de pescado con interés comercial.

1.4. Autentificación del origen geográfico

El Reglamento europeo (CE) n.º 2065/2001, de 22 de octubre de 2001, establece las disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n.º 104/2000, del Consejo, en lo relativo a la información al consumidor en el sector de los productos de la pesca y de la acuicultura. Dicho reglamento incluye la obligatoriedad de informar en la etiqueta sobre el nombre científico, el método de producción (acuicultura o pesca extractiva) y la zona de captura del producto de origen. La Unión Europea está haciendo un gran esfuerzo en asegurar que se está cumpliendo la ley en lo que respecta a la correcta comercialización de los productos derivados de la pesca, para evitar fraudes en el etiquetado de las muestras y, sobre todo, como medida de protección de denominaciones de origen de productos con un alto estándar de calidad no siempre asociado únicamente a una especie específica sino también a un área o región geográfica concreta dentro de nuestras fronteras.

Por todo esto, se hace imprescindible el desarrollo de metodologías que permitan no sólo la identificación inequívoca de la especie en un producto final, sino incluso la determinación del origen geográfico de la misma, con el fin de proteger al consumidor ante posibles fraudes. Un ejemplo lo encontramos en el caso de la anchoa que, junto a la sardina, es el pescado más consumido en España tras la merluza, y cuyo precio varía en función del origen geográfico del producto. La anchoa europea, y en particular la de algunas áreas geográficas, está especialmente bien considerada por la industria conservera, es muy apreciada por los consumidores y, por lo tanto, su valor en el mercado es muy alto. En este caso particular, la Unidad de Secuenciación y Genotipado de la UPV/EHU ha desarrollado, en colaboración con AZTI-Tecnalia, un panel de 7 loci microsatélites que permite la discriminación de la anchoa del Cantábrico respecto a otras poblaciones de anchoa europea. Mediante la aplicación de este panel se obtiene un porcentaje de asignación correcta del 70,8%. Este porcentaje está aún lejos del 99,9% de asignación correcta deseable para cualquier sistema genético-molecular que pretenda discriminar el origen geográfico de una muestra. Por ello, actualmente estamos implicados en el desarrollo de nuevas metodologías moleculares basadas en el descubrimiento de SNPs que permitan asignar el 100% de los individuos a su población de origen, y así establecer un sistema altamente discriminante para la autentificación del origen geográfico de la anchoa del Cantábrico.

2. Conservación de recursos genéticos alimentarios

2.1. Detección de introgresión genética

Otro aspecto que cubre la tecnología de ADN es la detección de introgresión genética. Ésta se define como la inclusión en una población de genes en otra diferente. Una de sus aplicaciones más notables está en la conservación de recursos genéticos de interés alimentario. Ante la pérdida inminente de biodiversidad en el planeta se extienden las estrategias locales de conservación.

Un ejemplo representativo lo tenemos en *Apis mellifera*, una especie de especial interés alimentario y también de gran interés ecológico por su capacidad polinizadora. En los últimos años asistimos a la regresión y fragmentación del área de distribución de la abeja en el Oeste Europeo (Tronco evolutivo M) en favor de abejas híbridas, debido principalmente a la importación masiva de reinas de otras razas (preferentemente del Tronco evolutivo C) y a la transhumancia. Este fenómeno de fragmentación conlleva un aislamiento de las poblaciones locales y la consiguiente pérdida de variabilidad genética. Ejemplos del interés que suscita la conservación de abejas locales son los planes de recuperación y conservación que se desarrollan actualmente en Bélgica, Finlandia, Suecia, Francia (Las Landas), País Vasco, Canarias...

La Unidad de Secuenciación y Genotipado de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU, en colaboración con el Dr. Lionel Garnery de la CNRS (Paris), ha desarrollado un sistema basado en el ADN para la detección de introgresión en la abeja del Oeste Europeo. Mediante el análisis PCR-RFLP de la región hipervariable COI-COII situada en el ADN mitocondrial es posible detectar la introgresión del linaje materno y la introgresión nuclear se detecta mediante 10 alelos diagnóstico en 9 loci microsatélite. Éstos últimos se amplifican en dos PCR multiplex y se identifican de forma automática por fluorescencia. Este sistema ha sido utilizado con éxito en los Planes de conservación y mejora de las poblaciones locales de abeja en Gipuzkoa, Canarias (La Palma) y Navarra, impulsados por las asociaciones de apicultores correspondientes (GEE, APIDENA y Benahoritas, respectivamente).

Otro ejemplo relacionado lo constituye la asignación racial en el ganado ovino semi-salvaje denominado Sasi-Ardi. Ésta es una raza en peligro de extinción, pero cuyos productos derivados están adquiriendo importancia económica como producto ecológico, debido a su sistema de cría semi-salvaje. La Unidad de Secuenciación y Genotipado de la UPV/EHU, consigue, mediante la utilización

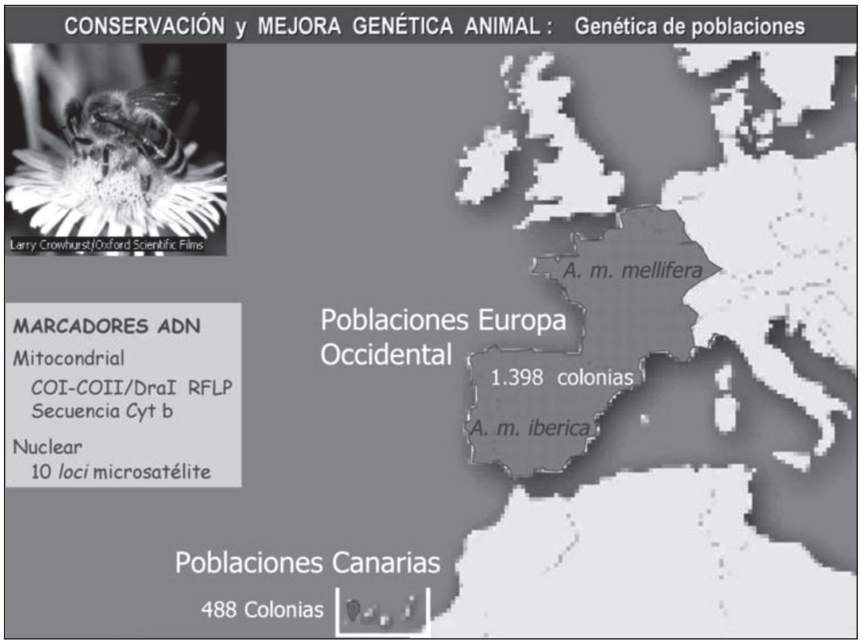


Figura 3

Resumen del material utilizado en el estudio sobre diversidad genética y estructura poblacional de *Apis mellifera* en la CAPV y la isla Canaria de La Palma

de un panel de 18 marcadores microsatélite, la discriminación de la raza Sasi-Ardi respecto a la Latxa Cara Rubia, una población ésta última estrechamente emparentada a Sasi-Ardi y que convive en el mismo área geográfica. Se ha alcanzado un porcentaje de asignación correcta del 98%, es decir, el 98% de los animales de raza Sasi Ardi han sido asignados correctamente dentro de la población Sasi Ardi en base a su perfil de ADN. Estos resultados evidencian el alto grado de adecuación del panel de microsatélites utilizado para asignar el origen racial. Este trabajo se ha realizado en colaboración con el Dr. Jesús Lasarte de la ITG Ganadero (Navarra).

3. Alimentos seguros

3.1. Selección de individuos resistentes a patógenos

La contribución de la tecnología del ADN a la seguridad alimentaria es bastante limitada aún, pero puede resultar muy útil para casos como el de *Escheri-*

chia coli en cerdos o el scrapie en ovejas; casos en los que se conocen genes de resistencia al patógeno en el hospedador. Este conocimiento, en principio, puede ser aplicado en programas de mejora, seleccionando animales portadores del gen de resistencia. Este es el caso del gen de resistencia a scrapie, para el que existe un plan general de selección en la cabaña ovina de España y numerosos países europeos.

Pero la aplicación de este conocimiento a veces no es directa debido a posibles efectos correlacionados del gen de resistencia con otros caracteres del animal. Más aún, la selección de la resistencia contra un patógeno concreto no asegura que el medio esté libre de patógenos. Por el contrario, la infección quedaría indetectable debido a que los animales infectados se mantienen clínicamente sanos. Especialmente en zoonosis, algunos autores dudan sobre la contribución de la selección de resistencias para la mejora de la seguridad alimentaria. Tomando en consideración todos estos factores, la estrategia a seguir depende del tipo de patógeno y de su interacción con el hospedador y con el medio.

En lo que sí parece que hay acuerdo es en que es importante mantener los animales de granjas y piscifactorías sanos para garantizar la seguridad alimentaria, proteger la salud de los granjeros, minimizar pérdidas económicas y promover el bienestar de los animales de granja. Sin embargo, hoy en día existe presión del consumidor para limitar el uso de antibióticos y otras medicinas veterinarias a fin de reducir el riesgo de residuos en los productos cárnicos y lácteos, y la emergencia de patógenos resistentes a fármacos. Una estrategia para alcanzar estos dos últimos objetivos es conseguir animales resistentes a la infección, pero debido principalmente a la baja heredabilidad de este carácter, los medios convencionales que existen para la selección de animales resistentes no son válidos. En este sentido, la tecnología del ADN brinda nuevas oportunidades a los criadores para el manejo del carácter de resistencia: su aplicación permite seleccionar animales resistentes en base a su genotipo (perfil de ADN), y por tanto realizar una selección asistida por marcadores de ADN o «MAS selection».

Una condición imprescindible para la aplicación del MAS es la identificación de los genes del animal que regulan la respuesta a los agentes patógenos y la determinación del papel que las variaciones nucleotídicas de esos genes tienen en la predisposición a desarrollar la enfermedad. Este es el objetivo que nos hemos marcado en un Proyecto que estamos desarrollando actualmente en colaboración con el Dpto. de Sanidad Animal del centro tecnológico NEIKER (Dr. R. Juste): «Identificación de marcadores de resistencia a *Mycobacterium a. pa-*

ratuberculosis en ganado bovino mediante el análisis de asociación en genes candidatos y polimorfismos SNP candidatos de exones, promotores y otras regiones importantes, como son los sitios de corte de los intrones». Presentamos los primeros resultados en el Congreso Internacional sobre Paratuberculosis celebrado en el verano del 2005 en Copenhague. Hemos encontrado un marcador que, en principio, estaría asociado a la resistencia a la infección por Mycobaterium en el gen Nramp1 bovino.

4. Unidad de secuenciación y genotipado de la UPV/EHU

El Departamento de Genética, Antropología Física y Fisiología Animal de la UPV-EHU está en proceso de implementación de un moderno laboratorio de Secuenciación y Genotipado basado en las últimas tecnologías de secuenciación y análisis de marcadores de ADN como RFLPs, SNPs y *loci* microsatélites, que, formando parte del Servicio de Genómica y Proteómica (liderado por la Dra. A. Zubiaga), se ha incorporado a los Servicios Generales de la UPV/EHU (SGiker). Además, y desde el año 2003, este Departamento se halla involucrado en la puesta en marcha de una plataforma de genotipado de SNPs en la CAPV que coordina las tecnologías SNPlex (UPV/EHU), Illumina (CIC bioGUNE) y Affimetrix (Empresa Progenika Biopharma, S.A.); el desarrollo de una plataforma bioinformática para la gestión y tratamiento de datos (Empresas NorayBio, S.L. y ebioIntel) y la creación de un bioBanco de DNA (Fundación Vasca de Innovación e Investigación Sanitarias, Fundación BIOEF).

4.1. Metodología

En la Unidad de Secuenciación y Genotipado de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU, la aproximación analítica para la trazabilidad desde el origen se basa en la obtención de la «huella genética» de cada animal —semejante a una huella dactilar—: una combinación única de secuencias o marcadores de ADN que identifican a un individuo y a sus productos derivados.

Actualmente, la obtención de la huella genética o perfil de ADN de un animal se realiza mayoritariamente mediante la información proporcionada por múltiples loci microsatélite. Es un proceso que incluye varias etapas:

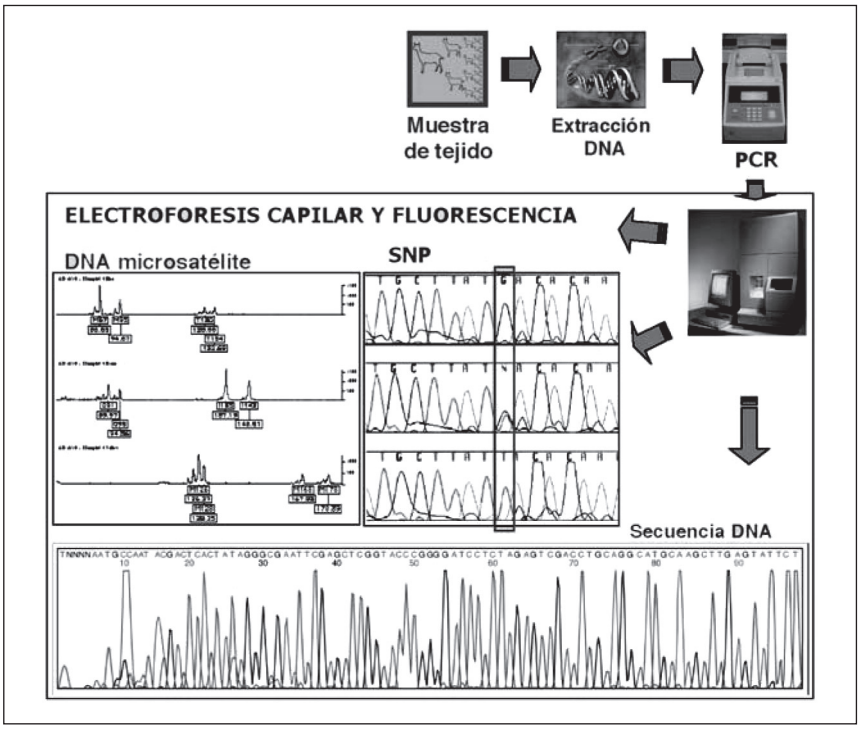


Figura 4

Secuenciación y Genotipado de marcadores de ADN,
entre ellos loci de ADN microsatélite y polimorfismos de un único núcleotido (SNP).
Desde la recepción de la muestra hasta el perfil de ADN o huella genética

1. Se parte de una muestra de tejido del ADN (sangre, músculo, semen...) de donde se extrae y purifica el ADN.

2. A continuación el ADN se amplifica por PCR, es decir obtenemos millones de copias de los fragmentos de ADN que se quieran identificar. Estos fragmentos son los llamados marcadores de ADN, regiones de ADN hipervariables y dispersas por todo el genoma, que varían de un individuo a otro. El número de marcadores de ADN utilizados es suficiente para conseguir una combinación de variantes única para cada animal, su huella genética. Semejante a su «código de barras». Los sistemas de identificación más comunes en los laboratorios incluyen unos 10-15 loci microsatélites o unos 30-50 SNPs.

3. Los fragmentos de PCR obtenidos están marcados por fluorescencia con distintos colores, de modo que, para la identificación de las variantes que porta cada individuo separamos los productos de la PCR por electroforesis capilar y los detectamos mediante fluorescencia, en equipos que automatizan desde la carga de la muestra hasta el análisis de datos. Se carga la muestra y los resultados obtenidos en estos equipos son volcados en un ordenador en el que se realiza el análisis de los datos.

La huella genética o perfil de ADN obtenido para cada animal se almacena en una base de datos, junto a la información sobre su origen.

En la Unidad de Secuenciación y Genotipado de la UPV/EHU se están utilizando rutinariamente diversos paneles de loci microsatélites en ganado vacuno, ovino y equino y en otras especies semi-domésticas como ciervo, abeja y liebre, desarrollados en su mayoría por nosotros para su aplicación en estudios de trazabilidad.

En cuanto a las buenas prácticas de laboratorio, el equipo participa desde el año 1992 en los test bienales de comparación organizados por el ISAG (International Society of Animal Genetics), en los que se contrasta la calidad del genotipado con la participación de más de 50 laboratorios. Este es un modo de validar a nivel internacional la calidad de los análisis realizados en el laboratorio de la UPV/EHU.

4.2. Capacidad tecnológica

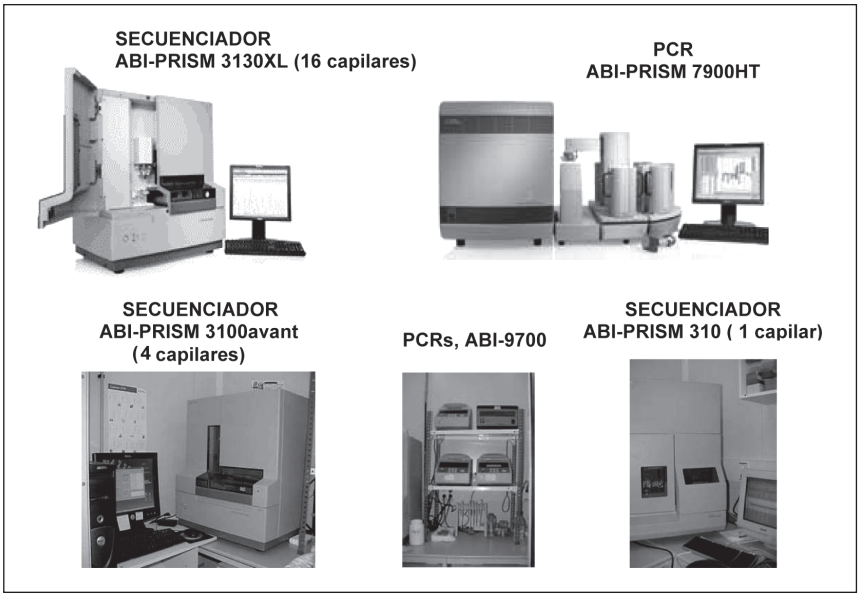
La Unidad de Secuenciación y Genotipado de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU cuenta con un sistema informático integrado que garantiza la trazabilidad de las muestras en el laboratorio, así como con recursos tecnológicos de última generación que permiten la automatización del análisis genético. Entre ellos destacan:

- 3 secuenciadores ABI-PRISM de 1, 4 y 16 capilares (310, 3100avant y 3130XT), basados en la separación de fragmentos por electroforesis capilar y detección por fluorescencia. Están optimizados para proporcionar varias aplicaciones incluyendo la secuenciación *de novo*, la secuenciación comparativa, y la identificación de polimorfismos de *loci* microsatélites, SSCP y SNPs.

- Sistema de PCR en tiempo real de alto rendimiento ABI-PRISM 7900HT Sequence Detection System, para el genotipado de SNPs mediante discriminación alélica basada en las sondas TaqMan fluorogénicas. Como elementos accesorios, disponemos del robot Zimark, un sistema robotizado de altas prestaciones que permite la carga automática de placas y puede ser acoplado al equipo ABI PRISM 7900HT.

  Estos equipos automatizan desde la carga de la muestra hasta el análisis de datos y procuran una capacidad de análisis de rendimiento medio-alta.

- 6 termocicladores GenAmp Systems (PCR) modelo 9700 y el equipamiento habitual de laboratorio que permite la extracción y purificación de ácidos nucleicos, equipos éstos de uso extendido en cualquier laboratorio de Biología Molecular.



4.3. Recursos humanos

La Unidad de Secuenciación y Genotipado de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU, cuya responsable es la Dra. A. Estonba, cuenta con un Técnico Superior con dedicación completa. Además cuenta con el apoyo y la transferencia tecnológica del equipo de investigación del Dpto. de Genética, An-

tropología Física y Fisiología Animal encabezado por la mencionada Dra., que consta de tres profesores, dos investigadores contratados y 3 becarias predoctorales. La amplia experiencia que el equipo tiene en Genética de Poblaciones Animal y Humana (análisis de la variación genómica en poblaciones), en Genética Forense y en Genómica, permite la aplicación correcta de los métodos computacionales requeridos por los proyectos planteados, y que se puedan plantear a futuro.

4.4. Proyectos desarrollados

A continuación se ennumeran los proyectos de Investigación llevados a cabo por el equipo de investigación encabezado por la Dra. A. estonba, y que han servido de base para la transferencia tecnológica y de conocimiento a la Unidad de Secuenciación y Genotipado de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la UPV/EHU.

TÍTULO Y BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	PERÍODO
SAIOTEK-99/00 OD99UN31 GV (Dep de Industria) **Desarrollo de un sistema genético para el control genealógico en ganado ovino, equino y bovino.** IP Dra. Andone Estonba Cofinanciación: Federación de asoc. ganaderos LURGINTZA (SS) y SERGAL (VI) y Ardiekin Colaboración: Dep producción de NEIKER (Dra. Eva Ugarte)	1999-2000
MCYT-INIA-RZ02-009-02-1 MEC **Recuperación, conservación y mejora genética de *Apis mellifera* en la Comunidad Autónoma del País Vasco**. IP Dra. Andone Estonba Proyecto coordinado con la Dra. Eva Ugarte del Dpto. de Producción de NEIKER Cofinanciación: Asociación de apicultores de Gipuzkoa, GEE Colaboración: CNRS, Paris (Dr. L. Garnery); Museo Ciencias Naturales, Paris (Dr. M. Baylac); Univ. Pullman, USA (Dr. S. Sheppard)	2002-2004
GV (Dep Agric. y Pesca; Dep. Biodiv) **Restablecimiento de la liebre europea en su área natural de la CAPV, Cantrabia, Asturias y Navarra.** IP Dr. Fernando Palacios (CSIC) Cofinanciación: Aurkilan; Granja Larrasal Colaboración: CSIC, Madrid (Dr. F Palacios); UA (Dr. G. Perez-Suarez); Dep sanidad NEIKER (Dra. M. Barral) y empresa EKOS	2000-2001 2003-2004

TÍTULO Y BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.	PERÍODO
ETORTEK-03/O5 GV (Dep de Industria) BIOGUNE- SEGURTEK-IE03-114 **Segurtasunarako teknologia-Tecnologías para la seguridad alimentaria** Subproyecto ACUIGEN IP: Dra. B. Pérez. IP subproyecto: Dra. A. Estonba Colaboración: AZTI (Dra. B. Pérez, Dr. M.A. Pardo)	2003-2005
BIZKAITEK-03/04-BFA/DFV (Dep innovación) 12-71-2003-18-1 ETORTEK-04/06 IE04-135 GV (Dep Industria) **BIOGUNE III. Genómica funcional**. Subproyecto: **Puesta en marcha de la tecnología SNPlex y genotipado de la población sana de la CAPV y NA** IP: Dr. Jose María Mato IP Subproyecto: Dra. Andone Estonba Colaboración: CIC bioGUNE, Fundación BIOEF, empresas NorayBio, Progenika, eBiointel y Dominium Pharmakine	2003-2004 2004-2006
UNIVERSDIDA EMPRESA-05 UPV/EHU UE05/A23 **Identificación de marcadores de resistencia a paratuberculosis en ganado bovino.** IP: Dra. A. Estonba Cofinanciación: Aberekin Colaboración: NEIKER Dpto. Sanidad Animal (Dr. Ramón Juste)	2005-2006
TÍTULO Y BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	PERÍODO
Verificación de genealogías ovinas del plan de mejora de Latxa	1987-anual
Caracterización genética de la abeja local y seguimiento del plan de conservación y mejora en la isla de la Palma.	2000-anual
Trazabilidad de productos cárnicos de ganado vacuno «Euskal okela»	2002-continuo
Identificación individual y verificación del parentesco en ganado bovino	2002-continuo
Genotipado de poblaciones de anchoas	2005
Caracterización de la raza ovina Sasi-Ardi de Navarra y desarrollo de una herramienta de ADN para la asignación racial.	2005

4. Bibliografía

Dunner, S. & Cañón, J. (on-line at: www.exopol.com/general/circulares/185.pdf): Aplicaciones de la genómica en Laboratorios de Producción Animal.

Harlizius, B.; van Wijk, R. y W.M. Merks, J. (2004): Genomics for food safety and sustainable animal production. Journal of Biotechnology 113: 33-42

Loftus, R. (2005): Traceability of biotech-derived animals: application of ADN technology. *Rv. sci. tech. Off. int. Epiz*. 24(1): 231-242.

López, M.; Mallorquín, P. y Vega, M. (2003): Tecnologías moleculares de trazabilidad alimentaria. Informe de Vigilancia Tecnológica. Genoma España/CIBT-FGUAM.

Raspor, P. (2005): Bio-markers: traceability in food safety issues. Acta Biochimica Polonica 52(3): 659-664 (on-line at: www.actabp.pl).

Viana, J.L.; Bouzada, J.A.; Prado, C.; Areán, H.; Muíño, R.; López, M y Fernández A. (online at: www.aida-itea.org/jornada 37/trabajos.htm): Trazabilidad de la carne de vacuno mediante el análisis de 17 marcadores microsatélite de ADN.

Vignal, A.; Milan, D.; SanCristobal, M. & Eggen, A. (2002): A review on SNP and other types of molecular markers and their use in animal genetics. *Genet. Sel. Evol*. 34: 275-305.

Webb, J. (online at: www.hypor.com/dbdcos//4049063616 2ec.PDF): DNA traceability in pork production.

Yordanov, D. & Angelova, G. (2006): Identification and traceability of meat and meat products. *Biotechnol. & Biotechnol*. Eq. 20/2006/1: 3-8.

Fertilización nitrogenada y sostenibilidad: contaminación ambiental frente a producción y calidad

Carmen González Murúa, José María Estavillo Aurre, María Begoña González Moro y Azucena González García
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Grupo Investigador

Miriam Pinto Tobalina, María Pilar Merino Pereda y Ana Aizpurúa Insausti
Neiker, Grupo Investigador

Nuestro grupo de investigación lleva trabajando desde hace más de 10 años en el fomento de las formas de agricultura sostenible, en particular en el tema de la eficiencia en el uso del nitrógeno en la agricultura. El nitrógeno (N) es el nutriente más limitante de la producción de los sistemas agrícolas en el mundo, siendo necesaria la aplicación de fertilizantes nitrogenados para una producción agrícola óptima. Uno de los riesgos de la agricultura intensiva es que parte del nitrógeno aplicado se puede perder, yendo a parar a las reservas acuáticas y atmosféricas. Del nitrógeno aplicado a muchos cultivos solamente un 10-50% suele ser absorbido por las plantas, mientras que el 50-90% restante es susceptible de lixiviarse a las aguas subterráneas y superficiales (produciendo su eutrofización) o de perderse en forma gaseosa. En cuanto a las pérdidas por lixiviación, existe una clara relación entre la cantidad de nitrógeno fertilizante utilizado en la agricultura intensiva y la contaminación de los acuíferos por nitratos. Esto ha hecho que la legislación haya obligado a la declaración de zonas vulnerables a la contaminación por nitratos donde se controla expresamente la cantidad de fertilizante aplicado a los cultivos, con sanciones a los agricultores en caso de sobrepasar las dosis recomendadas. En cuanto a las pérdidas gaseosas, se calcula que la agricultura es la responsable de aproximadamente dos tercios de la emisión total de amoníaco (NH_3) a la atmósfera, de más de un tercio de las emisiones de N_2O, y de alrededor de un cuarto de las emisiones de óxido nítrico (NO). Estos gases tienen numerosos efectos negativos sobre el medio ambiente como la eutrofización de ecosistemas una vez depositados en forma seca o húmeda (NH_3 y NO), la producción de ozono troposférico (NO), la disminución del ozono estratosférico (N_2O) y el calentamiento global de la atmósfera (N_2O). En concreto, se calcula que la agricultura contribuye en cerca de un 80% a las emisiones antropogénicas de N_2O y en casi un 40% a sus emisiones globales. Al contrario que el NH_3 y el NO, el N_2O es estable en la troposfera y tiene un tiempo de permanencia en la atmósfera mayor de 100 años, de forma que su efecto relativo como gas invernadero es unas 150 veces superior al del CO_2. Por lo tanto las implicaciones del N_2O producido por la agricultura moderna, tanto como gas invernadero como en la destrucción de la capa del ozono estratosférico, durarán durante varias generaciones futuras. Según el protocolo de Kioto los Estados miembros de la Unión Europea deberán reducir conjuntamente sus emisiones de gases de efecto invernadero en un 8% entre los años 2008 y 2012 respecto a las del año 1990. Una aproximación para estimar las emisiones globales de N_2O de los suelos agrícolas es la aplicación de un factor de emisión a cada tipo específico de fertilizante. En las distintas determinaciones experimentales, el rango observado en el factor de emisión para cada tipo de fertilizante es amplio debido a que las pérdidas de N_2O no dependen solamente del tipo de fertilizante, sino que están influidas por

otros factores como el contenido hídrico del suelo, la temperatura o el manejo que se haga del mismo. Sin embargo, a la hora de hacer el inventario nacional de gases invernadero prescrito por el IPCC en 1997, el uso de factores de emisión sería adecuado, y seguramente necesario, mientras no estén ampliamente disponibles otros datos necesarios para construir modelos más sofisticados.

En cuanto a las posibles estrategias para mitigar la contaminación de las aguas por nitratos y las emisiones de gases nitrogenados a la atmósfera, el principal reto es ajustar el aporte de fertilizante a la demanda del cultivo. Así, las estrategias que favorezcan una mayor eficiencia en la asimilación del N por el cultivo reducirían la cantidad que podría ser potencialmente lixiviado a los acuíferos o emitido a la atmósfera. En este sentido, el reto para la comunidad científica es afrontar el problema mediante el desarrollo de prácticas agrícolas mejoradas que puedan ser adoptadas por los agricultores. Esto se podría conseguir, siempre que fuera factible, mediante 1) la adopción de prácticas de mínimo laboreo que reduzcan la tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo, 2) la rotación de cultivos y el uso de cultivos intercalares que reciclaran el N más eficientemente, 3) una estrategia de fertilización flexible (cantidad, fraccionamiento) basada en la producción estimada mediante modelos que incorporen la predicción de la precipitación para la época de crecimiento del cultivo, 4) el desarrollo de fertilizantes o productos asequibles económicamente que reduzcan la nitrificación o aumenten la retención del nitrógeno en la zona radicular, 5) el aumento de la demanda de N por la planta mediante la abolición de los impedimentos al desarrollo de las raíces, 6) el desarrollo de nuevos cultivares de plantas que aumenten la captura de agua y nutrientes, 7) el desarrollo de sistemas de apoyo a la decisión de la fertilización basados en información sobre el cultivo y el suelo y que pueda ser adquirida rápidamente y de forma barata, y 8) la agricultura de precisión con tecnología que facilite la aplicación de dosis variables de semillas y fertilizantes según las necesidades.

Conocemos los procesos del ciclo del N lo suficiente como para postular con cierta confianza que cada una de estas prácticas probablemente reduciría la contaminación de las aguas y las emisiones gaseosas de N. Sin embargo, tenemos menos confianza a la hora de hacer estimaciones cuantitativas de la pérdida de N que se evitaría bajo condiciones específicas de campo. En este sentido, nuestro grupo está involucrado en la investigación de varias de estas posibles estrategias, participando en proyectos de investigación donde hemos abordado el estudio de la eficiencia en la utilización del N desde distintos aspectos: determinando el efecto del laboreo de las praderas en las emisiones de N_2O; estudiando el efecto

de la rotación de cultivos forrajeros (maíz, raigrás, trébol) y de la incorporación de residuos vegetales como abono verde en la reducción de las pérdidas de N por lixiviación y gaseosas; determinando la dosis óptima de aplicación de fertilizante y su fraccionamiento en distintos cultivos (trigo, colza...) a la vez que desarrollando modelos para la recomendación adecuada de la fertilización; profundizando en el metabolismo del N de las plantas con la finalidad última de obtener nuevas variedades que utilicen el N de forma más eficiente; determinando la viabilidad de los inhibidores de la nitrificación, inhibidores de la ureasa y otros aditivos desarrollados por las empresas de fertilizantes como posibles herramientas para reducir las emisiones gaseosas de N_2O, NO, NH_3 y CO_2 a la atmósfera; y determinando la viabilidad de los subproductos obtenidos tras el procesamiento de purines animales como potenciales fertilizantes, evaluando la emisión de gases a la atmósfera tras su aplicación en praderas y cultivos.

La aplicación de todas estas estrategias no sólo influye en la reducción de la contaminación de las aguas y de la atmósfera, sino que intrínsecamente conlleva también un efecto sobre la producción y la calidad de los productos vegetales obtenidos. En nuestro grupo de investigación también estudiamos este efecto, evaluando la influencia que la aplicación de todas las estrategias de fertilización mencionadas tiene sobre el metabolismo del nitrógeno en la planta. Así, hemos evaluado la calidad del forraje obtenido en las praderas tras la aplicación de los distintos subproductos tras el procesamiento de purines o tras la aplicación de inhibidores de la nitrificación y de la ureasa, comprobando cómo a pesar de que algunos inhibidores pueden ser efectivos en la reducción de la emisión de gases a la atmósfera, por otro lado presentan efectos fitotóxicos en el trébol. En cuanto a la utilización de inhibidores de la nitrificación, nos hemos centrado específicamente en el estudio del efecto de la nutrición amoniacal que se induce en las plantas tras la aplicación de este tipo de compuestos, profundizando en los mecanismos fisiológicos que las distintas especies vegetales ponen en marcha para hacer frente al nuevo tipo de nutrición inducida. En cuanto a los cultivos, también estamos estudiando la mejora en la calidad harino-panadera del trigo (dependiente de la concentración de gliadinas y gluteninas en grano) y en la calidad del aceite de colza para biodiesel bajo diferentes estrategias de fertilización (dosis y fraccionamiento) en la fertilización nitrogenada en combinación con la fertilización azufrada, profundizando en los procesos metabólicos de la planta responsables de esta calidad, como lo es la eficiencia en la translocación del nitrógeno y del carbono desde la hoja al grano.

Grupo Universitario Multidisciplinar de Gestión Avanzada, Gestión del Conocimiento y Gobernanza Pública

Arturo Rodríguez Castellanos
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea,
Coordinador del GUM de Gestión Avanzada, Gestión del Conocimiento y Gobernanza Pública

Ricardo Martínez Santa María
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea,
Técnico de Gestión del GUM de Gestión Avanzada, Gestión del Conocimiento y Gobernanza Pública

1. Razón de ser del GUM: Innovación en gestión, la universidad al servicio de la sociedad

En un mundo globalizado, un pequeño país, como es el País Vasco, se enfrenta a importantes retos, debidos a factores que pueden alterar sustancialmente las condiciones competitivas en muy diversos sectores de su actividad económica, en gran profundidad y a una velocidad acelerada: ampliación de la Unión Europea, competencia proveniente de los países asiáticos, avances tecnológicos, internacionalización-deslocalización, etc.

Por tanto, hoy más que nunca, si queremos que este país sobreviva económicamente en este entorno cada vez más turbulento, es necesario que sus Empresas, Instituciones y Universidades, de forma coordinada, den una respuesta a estos retos, basada en la innovación y en la creación de redes de colaboración.

La innovación se manifiesta como absolutamente necesaria, pero no puede quedar reducida a los ámbitos puramente tecnológicos (producto y proceso). Es vital que la innovación se extienda a todos los aspectos de las organizaciones, incluida la gestión, tanto en el ámbito privado como en el público.

La colaboración es igualmente necesaria. Históricamente está demostrado que, ante fuertes y graves desafíos del entorno, las sociedades que han conseguido superarlos más exitosamente son aquellas que disponían de un alto «capital social» en forma de colaboración y solidaridad entre sus agentes.

Siendo conscientes de los desafíos anteriormente planteados, y de la absoluta necesidad de involucrarse en la colaboración en red con el entorno social para dar respuesta a los mismos, diez grupos de investigación de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, especializados en gestión avanzada, gestión del conocimiento y análisis y formulación de políticas públicas, han decidido coordinar sus esfuerzos y actividades de investigación y transferencia de conocimiento a la sociedad, dando lugar al Grupo Universitario Multidisciplinar (GUM) de Gestión Avanzada, Gestión del Conocimiento y Gobernanza Pública.

2. Finalidad del GUM

El Grupo Universitario Multidisciplinar de «Gestión Avanzada, Gestión del Conocimiento y Gobernanza Pública» se ha constituido para **coordinar esfuer-**

zos y actividades en la investigación básica, la investigación aplicada y la transferencia de conocimiento científico-técnico a empresas e instituciones públicas de un colectivo de diez grupos de investigación especializados en gestión avanzada, gestión del conocimiento y análisis y formulación de políticas públicas, que venían desarrollado sus actividades de manera separada, aunque con una cierta vinculación.

En consecuencia, tiene como **finalidad el desarrollo de investigaciones y acciones derivadas en los campos relativos a los enfoques de gestión avanzada —en empresas y organizaciones—, gestión del conocimiento y el capital intelectual, y gobernanza pública,** este último en el sentido de adaptación de los principios, enfoques e instrumentos de gestión avanzada en todos sus ámbitos al campo de la gestión de entidades públicas, teniendo en cuenta los condicionamientos impuestos por los distintos grupos de interés sobre el ámbito de dicha gestión.

El campo de acción del GUM abarca, por tanto, el amplio espacio existente desde los desarrollos más innovadores de gestión empresarial en general, y gestión del conocimiento en particular, hasta las interrelaciones empresas-entidades públicas-conjunto social, y la adaptación de los enfoques e instrumentos de gestión avanzada a la actuación de las entidades públicas y sus efectos y condicionantes sobre los agentes sociales.

El **objetivo final** de este grupo multidisciplinar, es contribuir a la **mejora de la competitividad de las Empresas e Instituciones vascas,** de forma que redunde en la creación de empleo y una mayor calidad de vida de las/os ciudadanas/os vascas/os.

Esto se conseguirá mediante la realización de investigaciones y estudios dirigidos a la mejora de la gestión en las Empresas e Instituciones, la transferencia de los resultados de estas investigaciones a los agentes sociales, y la colaboración con los mismos en dichas tareas.

3. Visión estratégica

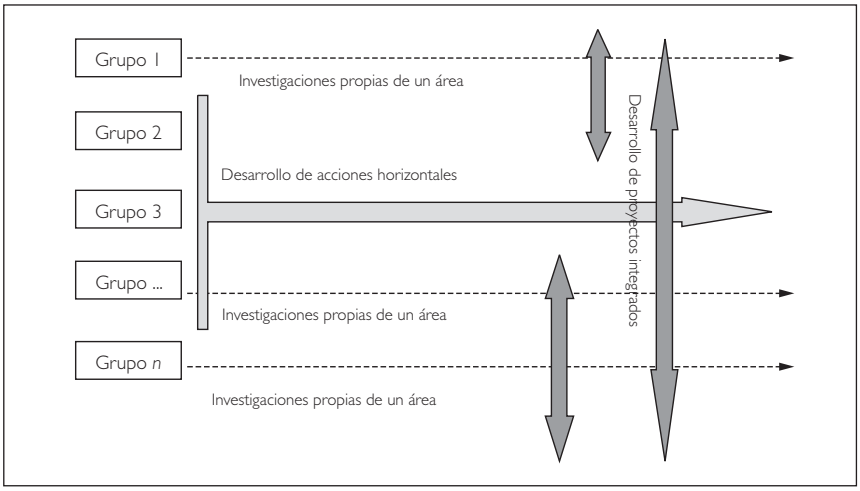
Se trata de desarrollar un grupo integrado por equipos de investigación potentes e interrelacionados dentro de su autonomía, que mediante su *investigación en colaboración con empresas e instituciones*, contribuyan a articular más eficiente-

mente las relaciones internas en estas entidades, así como las relaciones empresas-entidades públicas-conjunto social.

Las innovaciones metodológicas que se plantea abordar residen fundamentalmente en la *adaptación y extensión* de los modelos, instrumentos y técnicas basados en enfoques avanzados de gestión y gobernanza empresarial al *ámbito de empresas y organizaciones no empresariales, en ámbitos territoriales concretos*: Ciudades, territorios históricos, comunidades autónomas, e incluso entidades estatales o supraestatales.

4. Objetivos del GUM

El GUM se plantea tres tipos de objetivos: los dirigidos al desarrollo de campos científicos específicos, los objetivos transversales, que suponen el desarrollo de proyectos integrados entre diversos grupos y otros de carácter más horizontal, destinados al desarrollo de actividades relativas a la difusión y explotación de resultados de la investigación.



Objetivos de investigación por áreas temáticas:

- Análisis del empleo de los enfoques, desarrollos e instrumentos de gestión avanzada y gestión del conocimiento en todo tipo de empresas y or-

ganizaciones y en sus distintos ámbitos: calidad total, reingeniería, cultura organizacional, valoración de empresas y organizaciones, indicadores avanzados de gestión, gestión de riesgos, mapas de conocimientos y capacidades, análisis de competencias nucleares, medición y gestión del capital intelectual, gestión de redes con empleo de TICs, etc.

- Elaboración de modelos de gestión que, aplicando los anteriores enfoques, se adapten a las necesidades concretas de empresas, organizaciones e instituciones específicas.

- Análisis de la generación de conocimiento científico-técnico y su transferencia a agentes sociales para su utilización rentable.

- Elaboración de modelos de gestión del conocimiento que impulsen la transferencia del conocimiento científico-técnico desde las entidades de I+D —universidades, centros científicos y tecnológicos, etc.— hasta los agentes sociales, y modelos que faciliten a éstos la absorción de dicho conocimiento de forma que éste sea valorizado socialmente de forma óptima.

- Análisis de las interrelaciones empresas-organismos públicos-territorio-políticas públicas. Elaboración de modelos que permitan optimizar la gestión pública en sus distintos ámbitos teniendo en cuenta tales interrelaciones.

- Análisis de la interrelación empresas-entidades públicas-territorio-entorno. Elaboración de modelos de gestión pública que articulen esta interrelación de cara a la consecución de un desarrollo sostenible.

- Análisis de la interrelación entidades públicas-territorio-innovación-promoción empresarial. Elaboración de modelos de gestión pública que optimicen el potencial innovador de un territorio mediante el estímulo a la creación de empresas innovadoras y de base tecnológica.

Objetivos transversales: Desarrollo de proyectos integrados

Objetivos de acciones horizontales:

- Realización de acciones de formación: El Grupo multidisciplinar desarrollará diferentes actuaciones de formación, tanto regladas como en los cursos de enseñanza continua. Estos programas de formación tendrán como

objetivo desarrollar un amplio espectro de metodologías y de presentación multidisciplinar de temas de relevancia social y económica y estarán dirigidos tanto a estudiantes de postgrado (doctorado y master), como a profesionales. El detalle de estos programas se fijará en el plan de actividades anual y perseguirán tener un importante impacto sobre el público objetivo, ya que mediante los contactos y canales de difusión de divulgará su realización.

- Realización de acciones de demostración (Jornadas, presentaciones): La actividad y resultados del GUM se presentarán a varios públicos definidos, por un lado al conjunto académico y también al conjunto de empresas e instituciones. Estas jornadas y mesas redondas están también ligadas con la participación de integrantes del GUM en la Semana de la Ciencia y la Tecnología y los diferentes ciclos de conferencias que durante el año se desarrollan. En casos específicos se desarrollarán también actividades de demostración de resultados aplicables de los proyectos que están en desarrollo y además el involucrar a empresas en proyectos piloto.

- Creación de empresas spin-off: el campo de investigación del GUM no es un área en la que es tangible la promoción de la creación de empresas spin-off, pero sin duda el grupo de trabajo desarrollará dentro de su plan anual una política de promoción del espíritu emprendedor de los jóvenes investigadores del grupo, los alumnos de doctorado y los becarios que participan en el mismo, para de esta forma abrir nuevas posibilidades para su realización profesional.

- Creación de redes mediante empleo de TICs: en el momento actual el GUM utiliza una plataforma de gestión distribuida y colaboración entre grupos dispersos; esta política se seguirá en el futuro, y con el esfuerzo coordinado de los diferentes grupos se logrará la utilización de instrumentos más avanzados, como la videoconferencia y el tele-trabajo, para la coordinación con equipos que están en otros centros o territorios.

5. Grupos que integran el GUM

El GUM está formado por 10 grupos por áreas de investigación:

Grupo 1	Gestión del Conocimiento aplicado al proceso de Investigación-Desarrollo y Transferencia y Adopción del Conocimiento
Grupo 2	Promoción Empresarial y Desarrollo del Capital Humano
Grupo 3	Evaluación de Políticas Públicas, Control de la Gestión Pública, Gestión Territorial Local, Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Grupo 4	Calidad en la Gestión y formación continua de directivos
Grupo 5	Medición del Impacto Económico y Desarrollo de Indicadores para el Capital Intelectual
Grupo 6	Marketing y Gestión Pública
Grupo 7	Comunicación empresarial, publicidad y Marketing en Internet
Grupo 8	Investigación comercial, satisfacción de la clientela y Urbanismo y comercio
Grupo 9	Gestión Financiera Empresarial y Gestión de riesgos
Grupo 10	Desarrollo de la cultura organizacional y Equipos de trabajo

Cada uno de los Grupos que forma el GUM posee amplia experiencia de investigación, tanto de forma individual como en colaboración multidisciplinar con otros grupos.

6. Multidisciplinaridad

El GUM de Gestión Avanzada, Gestión del Conocimiento y Gobernanza Pública está formado por 48 investigadores, 32 de los cuales son Doctores, pertenecientes a los siguientes Departamentos de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea:

- Comunicación Audiovisual y Publicidad.
- Economía Aplicada IV.
- Economía Aplicada V.
- Economía Financiera I.
- Economía Financiera II.
- Psicología Social y Metodologías de las Ciencias del Comportamiento.
- Sociología I.

En la siguiente figura se muestra el reparto de investigadores por Grupos y Departamentos:

	CAP	EA IV	EA V	EF I	EF II	PS	S I
Grupo 1							
Grupo 2							
Grupo 3							
Grupo 4							
Grupo 5							
Grupo 6							
Grupo 7							
Grupo 8							
Grupo 9							
Grupo 10							

Como puede observarse, además de la multidisciplinariedad intergrupo propia del GUM, se da la multidisciplinariedad intragrupo.

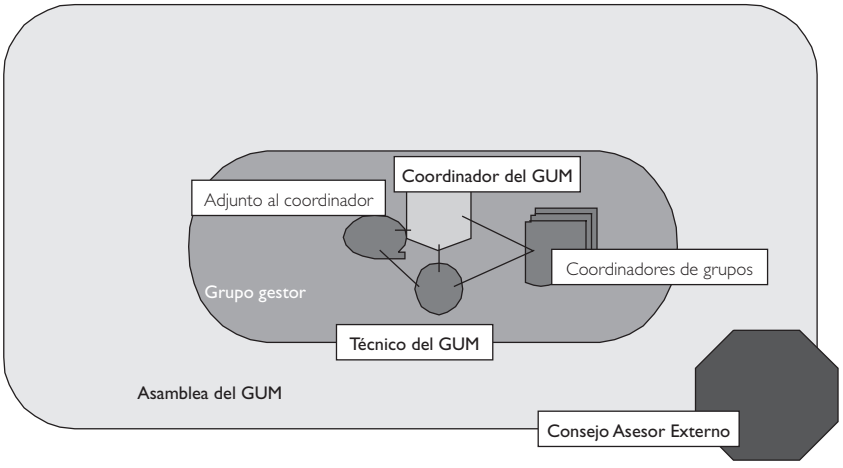
La multidisciplinariedad del GUM queda también reflejada en los proyectos que se han venido abordando de forma multidisciplinar en colaboración entre los distintos grupos del GUM, o en colaboración con otros grupos universitarios o con empresas y Centros Tecnológicos:

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	Otros grupos	Empresas y CC.TT.
Gescon Universidad (Unikonw)												
Capital Humano en la CAPV												
Análisis del desempl. en la CAPV												
Aspectos sociolaborales y género												
Gestión territorial local												
Calidad en la gestión de PYMES												
Desarrollo de indicadores sociales												
Análisis y posición en el mercado												
Impacto econ. de la act. deportiva												
Análisis cualitativo del mercado												

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	Otros grupos	Empresas y CC.TT.
Asociacionismo comercial					■			■			■	■
Desarrollo del comercio urbano					■			■			■	■
Índices del riesgo país	■								■			
Modelo de Cash Management	■								■			
Eval. de la cultura organizacional										■		■
Perfil diferencial de los emprend.										■	■	■
Bizkaiknow	■	■		■	■							■
BizMetrix	■	■		■	■							
BEDI	■								■		■	■
Fininta	■	■									■	■
Riesgo país y desarrollo	■								■			
Persp. Gestión del Conocimiento	■	■			■						■	
Impacto de formas de gestión		■		■								■
Gestión en empresas publicitarias					■	■	■					
Equipos de trabajo										■	■	■

7. Organización del GUM

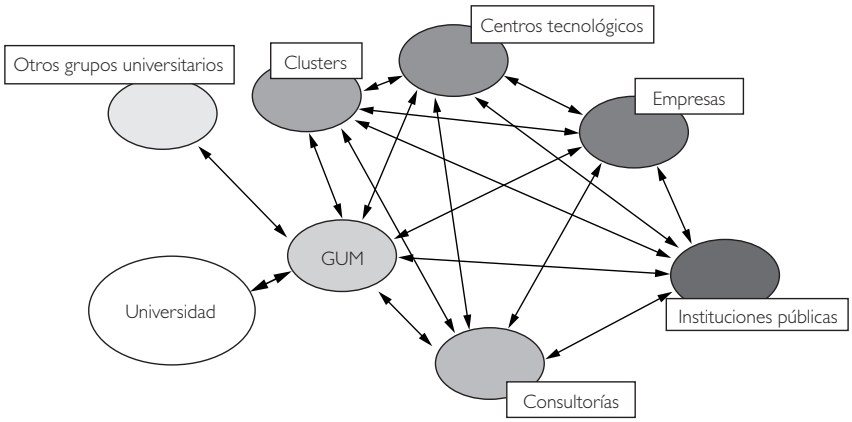
Dentro de la estructura organizativa del GUM se distinguen las siguientes figuras:



- *El Coordinador del GUM:* Responsable científico del GUM y responsable de la elaboración del Plan de Actuación y el Plan Estratégico.
- *Investigador adjunto al Coordinador:* Desarrolla una función de apoyo al coordinador del GUM y lleva la coordinación estratégica de los grupos que integran en GUM.
- *El Técnico de Gestión:* Figura esencial para el éxito de la acción del GUM, realiza las siguientes actividades*: Gestión general del conocimiento del GUM; Búsquedas de clientes; Organización de proyectos y Contratos; Gestión de las relaciones con otros grupos, centros e instituciones; Gestión económica y administrativa de las actividades de los grupos que integran el GUM, etc.*
- *El Grupo Gestor,* integrado por los coordinadores de grupos, el Coordinador, el Investigador adjunto al coordinador y el Técnico de Gestión, realiza las tareas de coordinación general del GUM.
- *La Asamblea del GUM* es el máximo órgano decisorio de éste, integrado por todos los investigadores del GUM.
- *Consejo Asesor Externo,* integrado por representantes de empresas e instituciones públicas interesadas en las actividades del GUM, que puedan orientar a éste para dirigir su labor investigadora en las líneas más acordes con las necesidades sociales.

8. Visión de futuro: el GUM como nodo en la Red Vasca de Conocimiento e Innovación

El GUM aspira a convertirse en un nodo en la Red Vasca de Conocimiento e Innovación, como interfaz de referencia de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea en las áreas de investigación que abarca.



9. ¿Qué puede ofrecer el GUM?

Las capacidades que puede ofrecer el GUM, que constituyen su seña distintiva y sus principales ventajas competitivas, son las siguientes:

- *Rigor:* Investigaciones realizadas con métodos científicos de validez comprobada.
- *Neutralidad:* Independencia, seriedad y rigor en la búsqueda de la verdad.
- *Multidisciplinariedad:* Diversas áreas de conocimiento y experiencia en colaboración entre los distintos grupos.
- *Acceso a otros grupos de investigación:* Experiencia de colaboración externa, contacto con otros grupos de investigación de otras áreas.
- *Acceso a fuentes de financiación específicas:* El acceso por parte de la empresa a ciertas subvenciones para proyectos de investigación requiere la presencia de investigadores universitarios.
- *Relación continuada:* La forma de optimizar las relaciones con grupos universitarios es la relación continuada a medio y largo plazo.

Grupo 1. Gestión del Conocimiento aplicado al proceso de Investigación-Desarrollo y Transferencia y Adopción del Conocimiento

Líneas de investigación:

- *Gestión del Conocimiento* en General
- *Valoración* económico-financiera de *intangibles*
- Gestión del Conocimiento en el *proceso de I+D y* su *transferencia* de la universidad a las empresas e instituciones
- Análisis de *procesos de I+D+i y* su *gestión*
- Análisis de la capacidad de *absorción y asimilación* de la *I+D+i*

Capacidades:

- Experiencia en análisis y *valoración* de *intangibles*
- Experiencia en análisis de *procesos de I+D+i,* tanto en entidades públicas como privadas
- Experiencia en *coordinación* de proyectos de carácter *interdisciplinar*
- *Relación* con otros grupos de investigación españoles y extranjeros expertos en estos temas

Integrantes:

- Arturo Rodríguez Castellanos (Coordinador)
- Ana Blanco Mendialdúa
- Jesús Matey de Antonio
- Stanislav Ranguelov Youlianov

Grupo 2. Promoción Empresarial y Desarrollo del Capital Humano

Líneas de investigación:

- Mercado de trabajo
  - —Inserción laboral
  - —Cualificación de los trabajadores (nivel de formación de los jóvenes, formación continua de las empresas, etc.)
  - —Creación de empresas
- Trabajo social y servicios sociales
  - —Inserción sociolaboral de colectivos en situación o riesgo de exclusión social.
  - —Análisis de la implantación y desarrollo de los servicios sociales en la CAPV, de la demanda de servicios sociales y personales y la aparición de nuevos yacimientos de empleo en este ámbito. Actualmente se está realizando una Tesis Doctoral sobre este tema.

- Economía sectorial

  —— Competitividad: Se ha centrado en el análisis de las variables que inciden favorablemente en la competitividad de determinados sectores productivos, y particularmente en los recursos humanos. Se han realizado 2 Tesis Doctorales: una relativa a la ind. de máquinas-herramienta, y otra relativa al sector aeronáutico.

Capacidades:

- Grupo *multidisciplinar.* Está formado por 6 personas que pertenecen a 3 departamentos distintos de la UPV (Economía Aplicada V, Economía Financiera II y Sociología). Esto permite que los distintos temas o proyectos se aborden desde perspectivas y enfoques distintos, que enriquecen el estudio.
- Aportamos *experiencia* en la realización de estudios relacionados con el *mercado de trabajo* y con la *adecuación de la formación de los trabajadores a la demanda empresarial.* Pueden servir de orientación tanto a instituciones públicas como privadas.
- Disponemos de *experiencia en el análisis de las potencialidades* de los municipios, provincias y regiones *en la creación de empleo y la regeneración de su estructura productiva.*
- Ofrecemos *soluciones* para *mejorar la competitividad* de las empresas del sector industrial.

Integrantes:

- Ana González (Coordinadora)
- Catalina Gálvez
- Andrés Araujo
- Imanol Basterretxea
- María Saiz
- Lola Simón

Grupo 3. Evaluación de Políticas Públicas, Control de la Gestión Pública, Gestión Territorial local, Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente

Líneas de investigación:

- Evaluación de políticas públicas
  - —Sostenibilidad: Agenda 21 Local e Indicadores Ambientales
  - —Sociedad de la Información y el Conocimiento
  - —Gobernanza y Networking público-privado
  - —Políticas Regionales
  - —Políticas Laborales
  - —Educación Superior
- Control del gasto público
  - —Los distintos niveles de Control del Gasto Público
  - —Control de la Gestión Pública

Capacidades:

- Ofrecemos *soluciones* para *mejorar la competitividad,* imagen y actuación de las *empresas e instituciones públicas*
- Disponemos de *experiencia en trabajos de asesoramiento a instituciones y empresas públicas* vinculadas a la colaboración público-privada
- Tenemos una *visión global del papel de las políticas públicas en el desarrollo socio-económico de las regiones*

Integrantes:

- Carmen Etxebarria (Coordinadora)
- Itziar Aguado
- José M.ª Barrutia

- Eva Bea
- Marisol Esteban
- Milagros García Crespo

Grupo 4. Calidad en la Gestión Empresarial

Líneas de investigación:

- Calidad de la gestión y Competitividad
  - —Calidad de gestión e incidencia en resultados
  - —Análisis de competitividad empresarial
  - —Organización y gestión de personas
- Procesos de innovación empresarial
  - —Innovación en pyme
  - —Programas de innovación
- Formación de directivos y comportamiento empresarial
- Aplicación de técnicas de consenso grupales a la previsión y a la toma de decisiones empresariales:
  - —Aplicaciones Delphi en la alimentación de modelos económicos
  - —Aplicaciones Delphi en ámbitos de estudio sociales

Capacidades:

- Ofrecemos *soluciones* para *mejorar la gestión y la competitividad* de las empresas, en especial de las *pymes*
- Tenemos *experiencia* en la *evaluación* de *programas institucionales*
- Conocemos las claves del *mercado de la formación directiva*
- Sabemos *obtener* e *integrar el conocimiento de grupos de expertos para la resolución de problemas sociales complejos*

Integrantes:

- Jon Landeta Rodríguez (Coordinador)
- Eneka Albizu Gallastegi
- M.ª Soledad Aguirre García
- Mikel Olazaran Rodríguez
- Patxi Ibáñez Hernández
- Vicente Ruiz Herrán
- Oskar Villarreal Larrinaga

Grupo 5. Medición del impacto económico y desarrollo de indicadores de Capital Intelectual

Líneas de investigación:

- Gestión del conocimiento
  - —Análisis y evaluación de herramientas de gestión empresarial
  - —Estudio de factores críticos de éxito
  - —Elaboración de matriz de factores e indicadores de evaluación
  - —Modelo de valoración del conocimiento
  - —Modelo de transferencia del conocimiento
- Capital Intelectual
  - —Definición, desarrollo y aplicación de indicadores de CI
  - —Medición y valoración de intangibles
- Valoración de empresas
  - —Viabilidad de proyectos
  - —Planificación de inversiones y financiación estratégicas
  - —Modelos de gestión de empresas

Capacidades:

- Disponemos de *dilatada experiencia en trabajos de asesoramiento* a empresas
- Ofrecemos *amplia experiencia de gestión y valoración empresarial para planificar y resolver de manera óptima decisiones estratégicas* de las empresas
- Nuestro *valor añadido* se apoya fundamentalmente en la *metodología de investigación y el conocimiento adquirido con la experiencia*

Integrantes:

- Macarena Larrauri Estefanía (Coordinadora)
- Ignacio LLaguno Musons
- Jon Charterina Abando

Grupo 6. Marketing y Gestión Pública

Líneas de investigación:

- Marketing turístico y de ciudades
- Marketing en Instituciones de Educación Superior y Marketing no lucrativo
- Marketing en Internet y Comercio electrónico

Capacidades:

- Ofrecemos *soluciones* para *mejorar la gestión* y la competitividad de las *ciudades* y de las empresas del *sector turístico*
- Tenemos *experiencia* en la *valoración* de los distintos *impactos* que un *proyecto público* puede provocar en su entorno económico-empresarial, social y turístico
- *Experiencia* en *comercio electrónico* e Internet
- Aplicación del *marketing para* la *mejora de la gestión* de entidades y *organismos públicos*

- Aplicación del marketing y de los sistemas de evaluación de *calidad en la educación superior*

Integrantes:

- Iñaki Periáñez Cañadillas (Coordinador)
- Amaia Lafuente Ruiz de Sabando
- Pedro Manuel Gómez Rodríguez
- Julián Pando García

Grupo 7. Comunicación Empresarial, Publicidad y Marketing en Internet

Líneas de investigación:

- Control de campañas de comunicación:
  - —Medición de la eficacia de las campañas de publicidad
  - —Investigaciones sobre la imagen de marca y posicionamiento de la empresa
  - —Auditorías de imagen
- Marketing en Internet:
  - —Fidelización de clientes
  - —Planificación y auditorias de campañas de marketing en Internet. Análisis de aspectos comerciales.

Capacidades:

- Nuestra principal aportación es la *neutralidad* y el *rigor* que supone la actuación de la Universidad para la *evaluación y medición de resultados* de diferentes *actividades en comunicación*
- Podemos realizar diferentes trabajos relacionados con la *creación de las campañas de comunicación*, como son la investigación de los ejes de co-

municación, el posicionamiento de la empresa, o la realización del *briefing* para la selección de la agencia

- *Formación directa* en la empresa al *departamento de comunicación* y de comercialización por Internet

Integrantes:

- Miguel Ángel Quintana Daza (Coordinador)
- Elena Olabarri Fernández
- Joseba A. Etxebarria Gangoiti

Grupo 8. Investigación Comercial, Satisfacción de la Clientela y Urbanismo y Comercio

Líneas de investigación:

- Marketing de ciudades:
  - Planificación estratégica del comercio minorista en ciudades y aglomeraciones
  - La colaboración público-privada como base para la gestión del comercio urbano
  - La conducta de patronazgo y su incidencia en el comercio urbano
  - Geomarketing y su aplicación en el sector de la distribución comercial
- Marketing turístico
  - Marketing de destinos turísticos y revitalización comercial

Capacidades:

- Ofrecemos *soluciones* para *mejorar la competitividad* de las empresas del *sector de distribución comercial*
- Disponemos de *experiencia en trabajos de asesoramiento* a empresas de *distribución* comercial, organizaciones empresariales vinculadas al comercio

- Tenemos una *visión del papel del comercio en la planificación estratégica de las ciudades*

Integrantes:

- Pilar Zorrilla (Coordinadora)
- Victoria de Elizagarate
- Lucía Mediano
- Unai Tamayo
- Susana Tejada
- Colabora: Jon Charterina

Grupo 9. Gestión Financiera Empresarial y Gestión de Riesgos

Líneas de investigación:

- Modelos de gestión de tesorería y de planificación financiera
- Modelos de gestión financiera
- Análisis del riesgo país
- Análisis de indicadores de desarrollo humano
- Medidas de gobierno corporativo

Capacidades:

Experiencia en la elaboración de *modelos de Cash Management* adaptados a las nuevas tecnologías de la información.

- Disponemos de *modelos de planificación financiera a corto plazo* adaptables a las necesidades de las empresas.
- Experiencia en la elaboración de *Modelos de Gestión Financiera* adaptados a la internacionalización de las Pymes y a la globalización de los mercados.

- Experiencia en el análisis y elaboración de índices de *Riesgo País.*

Integrantes:

- Txomin Iturralde (Coordinador)
- Casilda Lasso de la Vega
- Amaia Maseda
- Leire San José
- Ana Marta Urrutia
- Sara Urionabarrenetxea

Grupo 10. Desarrollo de la cultura organizacional y equipos de trabajo

Líneas de investigación:

- Estudio de la cultura en organizaciones de Educación Superior:
  - —Elaboración del modelo para el estudio de la cultura
  - —Definición de las variables que intervienen en el modelo
  - —Elaboración de instrumentos de medida
  - —Análisis de los resultados
  - —Dimensiones del cambio cultural en las organizaciones educativas
- Análisis comparativo de la *cultura de participación en* 15 empresas vascas:
  - —Diferentes tipos de participación de los trabajadores en la empresa
  - —Variables culturales que facilitan la participación de los trabajadores en la empresa
  - —Variables culturales que dificultan la participación de los trabajadores en la empresa
- Evaluación *rendimiento de los equipos de trabajo* en las empresas vascas:
  - —Puntos fuertes de los equipos de trabajo en 15 empresas vascas

- —Puntos débiles de los equipos de trabajo en 15 empresas vascas
- —Acciones de mejora sugeridas a las empresas a partir de los resultados obtenidos

- *Entrenamiento en equipos multiculturales* (culturas latinoamericanas, mediterráneas y europeas):
  - —Equipos directivos y equipos de mejora multiculturales
  - —El proceso de la toma de decisiones
  - —Barreras para la comunicación
  - —Afrontamiento de conflictos
  - —Diferentes formas de competición

Capacidades:

Análisis de la *cultura en organizaciones educativas y en empresas*

- Análisis de las *diferencias entre culturas* de diferentes *naciones* y de diferentes *grupos étnicos*
- Metodología de *trabajo en equipo*
- Metodología para la mejora de la *comunicación* en *grupos multiculturales*
- Metodología para el *afrontamiento de conflictos* en grupos multiculturales

Integrantes:

- Sabino Ayestarán Etxeberria (Coordinador)
- Darío Páez Rovira
- Pedro Apodaca Urquijo

Líneas estratégicas de investigación de la Cátedra M. Sánchez-Mazas, de la UPV/EHU: Redes de conocimiento en Ciencia, Tecnología e Innovación

Andoni Ibarra y Javier Castro
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea,
Cátedra Miguel Sánchez-Mazas

1. Introducción: un nuevo escenario

El creciente papel que juega el conocimiento en los procesos de innovación ha promovido el desarrollo de diversas perspectivas, tanto teóricas como de política pública, que destacan la importancia de la interacción entre ciencia, tecnología e innovación en la emergencia de la sociedad del conocimiento.

Hasta hace veinte años, los fenómenos de cambio tecnológico e innovación se analizaban en el marco de lo que se ha denominado el «modelo lineal» de innovación. Aun cuando este modelo posee diversos grados de sofisticación y no puede considerarse una perspectiva «lineal» e ingenua del cambio tecnológico, se puede afirmar que de manera general el modelo concibe los procesos de innovación como relaciones encadenadas que van del conocimiento básico a la tecnología aplicada y de ésta a los nuevos procesos y productos sancionados positivamente por el mercado.

Durante muchos años el modelo lineal tuvo una aceptación extendida no sólo entre los estudiosos del cambio tecnológico y la innovación, sino también entre los responsables de la elaboración y gestión de políticas públicas en ciencia y tecnología. Quizás la característica más relevante de este modelo es que, en la práctica, promueve la fragmentación y divorcio de las políticas públicas de ciencia y tecnología tanto en las acciones como en los actores y agentes concernidos por dichas políticas. De esta manera, en el primer caso, las políticas científicas privilegian las universidades y los centros públicos de investigación con el objetivo de promover el desarrollo científico en general, es decir, fortalecer y desarrollar el sistema científico en su conjunto. En el segundo caso, las políticas tecnológicas se orientan hacia las empresas y hacia las organizaciones de I+D o centros tecnológicos, agentes más próximos a la ciencia aplicada y al desarrollo de tecnologías, pero con escasa vinculación respecto de los actores y estrategias concernidos por las políticas científicas.

Sin embargo, en los últimos veinte años han cobrado predominio nuevos enfoques conceptuales para comprender de manera más adecuada el complejo proceso de innovación y los agentes que intervienen en dicho proceso. La emergencia de lo que se ha denominado el «modelo interactivo de innovación» (etiqueta que engloba diversas perspectivas y campos científicos), sustentado en abundante evidencia empírica sobre fenómenos locales de innovación basada en el intercambio de información y conocimiento, ha promovido una perspectiva que destaca la *no linealidad* de los procesos innovativos y recalca el papel de las

relaciones e interacciones que se producen entre agentes heterogéneos en un entorno espacial determinado (empresas, universidades, administración pública, agentes sociales).

Sobre la base de las evidencias (empíricas y teóricas) que se han producido en el marco del enfoque *no lineal* de la innovación, se han promovido cambios en las orientaciones de las políticas públicas de ciencia y tecnología. En efecto, en la tercera generación de políticas el campo de la innovación aparece como el nexo entre la ciencia y la tecnología, y como el puente de comunicación y vinculación entre agentes sociales e institucionales heterogéneos. La innovación así concebida, organiza un nuevo escenario social donde no sólo a las empresas sino también a las universidades, agentes sociales de diverso tipo y al propio sector público se les exige innovar[1]. Este es un cambio importante, porque en cierto modo desplaza del epicentro de la innovación, situado tradicionalmente en las empresas, hacia un conjunto más amplio y heterogéneo de agentes. No sólo deben innovar las empresas para mantenerse competitivas, sino también las universidades para favorecer la producción y circulación de conocimiento y a la vez vincularse más estrechamente con su entorno económico y social. El sector público necesita modernizar su gestión y crear nuevas formas de intervención (política e institucional) para adecuarse a las nuevas demandas sociales, muchas de las cuales son fruto de los cambios y transformaciones generadas por la tríada ciencia, tecnología e innovación. Desde este punto de vista, se ha dado paso a lo que podríamos denominar «Políticas Públicas de convergencia en Ciencia, Tecnología e Innovación», es decir, estrategias que promueven la conectividad (regional e internacional) de diversos agentes sociales e institucionales y la circulación de conocimiento (y de personas cualificadas) en entornos de innovación; con el objetivo estratégico de conformar sistemas y subsistemas de innovación, basados en conocimientos científicos y tecnológicos, a fin de desarrollar y/o fortalecer la «competitividad sistémica» de las regiones.

[1] Para comprender el alcance de la innovación como un nuevo campo de políticas públicas, basta revisar los Planes de Ciencia y Tecnología que se han dado las comunidades autónomas en el Estado español en los últimos 10 años, en los cuales la innovación adquiere un papel preponderante y organizador del conjunto de las políticas de ciencia y tecnología. Este papel no sólo se refiere al plano discursivo y propositivo, sino también al plano institucional, puesto que estos Planes suelen proponer la creación de agencias de innovación, comités interinstitucionales u otras formas institucionales de articulación de los departamentos o secretarías de políticas científica y de política tecnológica. Desde luego, la emergencia del campo de la innovación como espacio de articulación de políticas es una tendencia mundial.

En la emergencia de este nuevo escenario, el conjunto de las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Innovación y Sociedad están siendo reconfiguradas, lo que exige el desarrollo y recombinación de enfoques teóricos y metodológicos, pero sobre todo, la necesidad de analizar este fenómeno global en sus configuraciones locales y específicas. Esto último demanda reconsiderar algunos puntos de partida para analizar estas relaciones; supone recombinar elementos conceptuales y producir nueva evidencia empírica, y hacerlo desde una perspectiva amplia de la innovación en tanto proceso social y relacional (redes) que tiene sus expresiones y articulaciones en el campo institucional y de políticas públicas, en el campo de la ciencia y sus instituciones, y en el campo de las tecnologías y sus agentes.

La presente comunicación tiene por objetivo central difundir el enfoque y los elementos más destacados de la agenda de investigación de la Cátedra Sánchez-Mazas (CSM) de la UPV/EHU. El texto esta organizado de la siguiente manera. En la primera parte, se presenta la estructura institucional de la CSM, sus objetivos y actividades. En la segunda parte se delimitan las líneas programáticas de investigación de la CSM. En la tercera parte se sintetiza el Programa de Investigación de la CSM para el periodo 2005-2008. Finalmente, se realizan algunas consideraciones finales.

2. La estructura institucional de la Cátedra Sánchez-Mazas: propósitos y actividades

2.1. Propósitos y actividades

La Cátedra Miguel Sánchez-Mazas (CSM) fue creada en 1999 por la Junta de Gobierno de la Universidad del País Vasco / Euskal Herriko Unibertsitatea (UPV/EHU). Su figura institucional está contemplada en los actuales estatutos de la universidad. La creación de la CSM respondió a la necesidad de promover estructuras innovadoras e interdisciplinarias en el ámbito universitario que favorecieran los vínculos entre Universidad y Sociedad.

La CSM tiene por finalidad desarrollar actividades de extensión universitaria y de investigación asociadas a los temas de Ciencia, Tecnología, Innovación y Sociedad. Sus ámbitos de actuación se estructuran en tres campos: (i) organización de seminarios, encuentros y otras actividades en las que se promueve la difusión de una perspectiva social de la Ciencia y la Tecnología entre diver-

sos actores sociales; (ii) actividades de publicación sobre estos mismos temas; y (iii) actividades de investigación concernientes al vector ciencia-tecnología-innovación.

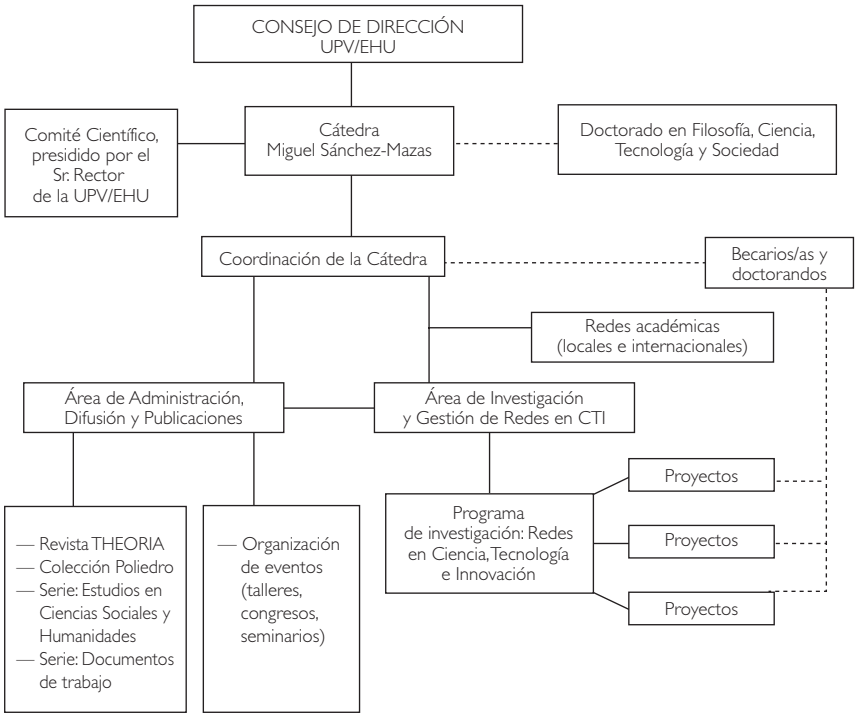
Desde el año 2000, la CSM ha celebrado numerosos seminarios, simposios, jornadas, cursos y workshops con el objetivo principal de promover el tratamiento social de diferentes temáticas vinculadas a la ciencia, la tecnología y la innovación; favorecer la accesibilidad de la ciudadanía a temas científicos y tecnológicos y fomentar la reflexión y el diálogo sobre la producción, distribución, evaluación y uso de conocimiento. Durante este período, la CSM ha realizado más de 50 actividades de este tipo con un promedio de diez eventos por año.

En su propósito de comunicar la ciencia, la CSM realiza una serie de publicaciones que guardan una estrecha relación con los eventos que organiza. Asimismo, edita la revista THEORIA desde 1985, que lleva publicados 56 números con una periodicidad cuatrimestral y la Colección Poliedro, que tiene editados 5 libros sobre diferentes temas de «ciencia, tecnología, cultura y sociedad». Actualmente, está en proceso de diseño la serie editorial «Estudios en Ciencias Sociales y Humanidades», que tiene el objetivo de editar los productos generados por el área de investigación de la CSM.

Desde el año 2002, la CSM viene desarrollando de manera sostenida actividades de investigación a partir de la ejecución de proyectos anuales y plurianuales. Los proyectos se desarrollan en el ámbito del Área de Investigación y Gestión de Redes en Ciencia, Tecnología e Innovación y sobre la base de un enfoque general basado en el estudio de redes de conocimiento. Para estas actividades se ha obtenido financiación de diversos departamentos del Gobierno Vasco, de las Diputaciones Vascas, de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), de la Fundación LEIA, del Vicerrectorado de Investigación de la UPV/EHU y otras instituciones.

Con el desarrollo de las actividades de investigación, la CSM se ha transformado en un centro de acogida de becarios y estudiantes del Programa de Doctorado de *Filosofía, Ciencia, Tecnología y Sociedad*, que ofertan conjuntamente los Departamentos de Lógica y Filosofía de la Ciencia; Filosofía; y Física Teórica e Historia de la Ciencia de la UPV/EHU, además de la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). En el año 2006, el Programa de Doctorado ha obtenido la Mención de Calidad en la convocatoria correspondiente del Ministerio de Educación y Ciencia.

2.2. Estructura institucional de la CSM



3. Programa de Investigación: redes de conocimiento en ciencia, tecnología e innovación

El desarrollo de las actividades de investigación de la CSM se realiza en el marco del Area de Investigación y Gestión de Redes en CTI. Los proyectos que se elaboran y se presentan a diversas instancias de financiación lo hacen en el marco del Programa de Investigación cuya síntesis se presenta a continuación.

3.1. Consideraciones preliminares

La concepción social y relacional de la innovación basada en el ciencia y tecnología, antes que una teoría es un enfoque donde coexisten diversas perspectivas conceptuales que permiten comprender los procesos de innovación y

producen diversos tipos de evidencias para la elaboración de estrategias locales y globales de políticas públicas. En primer lugar, la perspectiva de la «economía basada en el conocimiento» destaca varios procesos interrelacionados como son: la aceleración de la producción de conocimiento, el papel cada vez más intenso del capital intangible en las variables macroeconómicas y la innovación como actividad dominante (David y Foray, 2002). La interrelación global de estos elementos conforman las claves de la «nueva economía» y, consiguientemente, los problemas conceptuales y de política se orientan hacia cómo transformar el conocimiento tácito en explícito y refuncionalizarlo en espacios de producción económica. En esta misma línea, pueden enmarcarse también los enfoques sobre *gestión del conocimiento* en los ámbitos de las organizaciones (básicamente empresas) cuyos esfuerzos están orientados a explicitar y promover mecanismos de gestión y organización del conocimiento en «organizaciones que aprenden», es decir, fortalecer la espiral de creación de conocimiento en la cual el conocimiento tácito e individual se transforma en explícito y social en el marco de la empresa y de sistemas productivos (Nonaka y Takeuchi, 1995).

Una segunda perspectiva que no subordina el conocimiento a los procesos económicos está encarnada en el extendido discurso sobre los sistemas de innovación regional. El argumento básico es que las empresas innovadoras interactúan en contextos regionales no sólo con otras empresas (competidoras, clientes y proveedores) sino también con centros tecnológicos, centros de I+D, universidades, agencias de diverso tipo vinculadas a CyT, y con autoridades políticas. De manera que el conocimiento circula más intensamente y de manera más eficaz gracias a la proximidad geográfica que facilita el desencadenamiento de procesos de innovación (Lundvall, 2001, Cooke, 2003). La innovación (en tanto sistema interactivo y de aprendizaje) es todavía considerada como un proceso socio-organizativo integrado a las dinámicas basadas en el cambio tecnológico, el aprendizaje organizativo y la dependencia de la trayectoria (Moulaert y Sekia, 2003)[2]. En una perspectiva diferente y más enfática respecto del papel que juega el Estado en el proceso de innovación, el modelo de la Triple Hélice

[2] El enfoque de «sistemas regionales de innovación» no es la única vertiente analítica que desarrolla una perspectiva de innovación basada en sistemas territoriales y locales. En la literatura económica coexisten diversos enfoques como pueden ser la «economía de la aglomeración», la «teoría de los clusters», y la «teoría de desarrollo endógeno», buena parte de las cuales enfatiza en la relación entre conocimiento, tecnología e innovación sobre un enfoque de red, aunque las redes suelen ser observadas como formas organizativas intermedias entre los mercados y las empresas, cuando éstas fallan en la eficiencia y eficacia de sus objetivos.

enfatiza las interacciones entre Universidad, Industria y Gobierno (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000), destacándose la imbricación del Estado en la dinámica de las interrelaciones de innovación y conocimiento. El Estado es conceptualizado en este modelo más allá de su papel de «creador de contextos» de innovación, y pasa a ser un actor activo y proactivo en la sociedad del conocimiento. Estos enfoques tienen la particularidad de incluir en la explicación de la innovación el papel de las instituciones y la importancia de las relaciones sistémicas entre los agentes de innovación.

Una tercera perspectiva aboga por el carácter social del conocimiento. Así, Gibbons *et al* (1994) introducen el concepto de modos de producción y distribución de conocimiento partiendo de una visión social del conocimiento y de su circulación. Aún cuando la metáfora sobre «producción» y «distribución» de conocimiento provenga de la perspectiva económica, se trata en este caso de realizar un esfuerzo por mostrar las claves de la transición hacia un nuevo escenario social donde el conocimiento es producido en contextos de aplicación, de manera interdisciplinaria, en la que se incorporan diversos actores e intereses sobre la base de organizaciones planas, flexibles y abiertas y donde la evaluación es cada vez más una competencia exógena antes que endógena a los centros considerados clásicos en la producción de conocimiento (universidades y centros de investigación). Esta perspectiva ha mostrado convincentemente que el conocimiento se encuentra socialmente distribuido, y por tanto, no existe un actor o agente privilegiado en su producción y distribución (como puede ser la ciencia y sus instituciones). En la medida en que el conocimiento se produce y distribuye en diversos puntos de lo social (empresas, centros de I+D, universidades, sectores de la administración pública, organizaciones sociales, etc.) se constituye un entramado de redes por donde circula el conocimiento. Un aspecto poco valorado de esta perspectiva socialmente distribuida del conocimiento, es que privilegia el papel de los recursos humanos cualificados y su distribución en un conjunto social dado, en tanto «puntos de soporte» pequeños e imperceptibles que conectan redes, distribuyen y amplían el conocimiento dentro del tejido social.

El denominador común de las perspectivas consideradas anteriormente es que focalizan su atención en los «flujos de conocimiento», es decir, en los procesos de intercambio de conocimiento que se producen durante las diferentes etapas del proceso innovador y con diversos agentes (regionales o internacionales), tales como empresas, consumidores, administración pública, centros de producción de ciencia y tecnología y organizaciones de distinto tipo.

Estas perspectivas que, de una u otra manera, consideran a la innovación como un «flujo de conocimiento», configuran un campo de análisis que tiene diversas consecuencias. En primer lugar, ya no se circunscribe la innovación al conjunto de capacidades y habilidades relacionadas con la producción de artefactos, sino que es un cuerpo heterogéneo de conocimientos codificados (explícitos) y no codificados (tácitos) que se producen, combinan y recombinan, aplican y distribuyen en procesos de interacción entre agentes heterogéneos. Por tanto, las tecnologías y sus productos son sólo efectos de un proceso más complejo constituido por el conocimiento.

En segundo lugar, si el conocimiento tiene un carácter socialmente distribuido también lo tiene la innovación. ¿Qué razones existen para pensar que se produce conocimiento en diversos espacios sociales y a la vez pensar que la innovación sólo es significativa y funcional si sucede en las empresas? Por tanto, la innovación no sólo es un proceso interactivo de conocimientos en el interior de la empresa, sino que es un proceso más amplio y diferenciado (y por tanto más complejo) que sucede en espacios o segmentos sociales de conocimiento. Esto quiere decir que no hay un agente único de conocimiento y no hay un agente único de innovación. Que la innovación y el conocimiento se encuentran socialmente distribuidos supone reconocer la existencia de una heterogeneidad de agentes particulares que coexisten en un entorno territorial dado y que poseen lógicas y tiempos diferentes para desarrollar innovaciones, siendo sus procesos y resultados también distintos y diversificados. Estas «divergencias» de los procesos de innovación entre organizaciones de diverso tipo (empresas, universidades, etc.) constituye una de las razones por las cuales la estabilización de redes de conocimiento es un proceso complejo y aleatorio. Pero también lo es porque los procesos de innovación basados en el conocimiento rara vez implican o comprometen directamente al conjunto de una institución u organización, sino a sus partes más activas, por lo que las redes de conocimiento se constituyen en segmentos institucionales u organizacionales que sólo en el largo plazo pueden involucrar al conjunto de una institución o una empresa.

En tercer lugar, la innovación considerada como «flujo de conocimientos» supone que el proceso innovador tiene un alto componente «informal» en las relaciones y en las interacciones que se establecen los agentes insertos en este flujo. El carácter informal de las relaciones viene dado porque este flujo no está compuesto exclusivamente por conocimiento codificado (que tienen su formato en libros, documentos, manuales, etc.), de fácil transferencia (aunque difícil absorción si no se cuenta con los recursos humanos cualificados), sino también por

conocimiento no codificado (saber hacer) que no es transferible más que en un «proceso directo» de interacción. Esta es una de las razones por las cuales en la innovación considerada como flujo de conocimiento tiene importancia la proximidad geográfica de los agentes y explica la emergencia de espacios de innovación territorializados.

En cuarto lugar, aún cuando la innovación pueda ser conceptualizada como flujo de conocimientos, con todo lo complejo que es medir este flujo y establecer sus dinámicas, resulta problemático sostener que este flujo constituya un «sistema», como pueden suponer ciertos enfoques sobre sistemas de innovación (ya sea regional como nacional). La definición misma de sistema presupone la existencia de interacciones entre los elementos que lo componen. Si no existiesen interacciones entre los elementos de un sistema no se puede hablar de sistema. Sin embargo, en los entornos de innovación, la existencia de estas interacciones, su carácter y sus resultados, no es un dato *a priori* del que se disponga sino algo que debe ser establecido *a posteriori* de un conjunto organizado de investigaciones y de la monitorización en el largo plazo de la conectividad entre los agentes de un entorno de innovación[3]. Desde este punto de vista, el paradigma de redes, que es una perspectiva conceptual y metodológica heterogénea (por los diversos enfoques que contiene y por los distintos niveles de explicación y observación que promueve), resulta potencialmente más productiva que la noción de sistema para comprender el complejo entramado de interacciones que se producen entre agentes, prácticas y conocimientos en ciencia, tecnología e innovación para entornos regionales y territoriales específicos.

3.2. Objetivos del Programa de Investigación

El programa de investigación de la Cátedra Sánchez-Mazas está orientado al desarrollo de estudios tanto teóricos como empíricos sobre redes de conocimiento basadas en ciencia y tecnología, redes que se estructuran entre actores heterogéneos insertos en espacios de innovación (empresas, administración pública, universidades y otros actores sociales). Sobre la base de esta perspec-

[3] Monitorizar la conectividad no significa solamente medir el ciclo de una red especifica o de un conjunto de redes, sino también analizar por qué ciertos agentes «potencialmente conectivos» no están insertos en redes, o las redes en las que están insertos poseen caminos críticos y conexiones que no promueven procesos de innovación basados en el conocimiento.

tiva los proyectos combinan tres grandes dimensiones de análisis complementarias:

a) *Dimensión conceptual:* A nivel teórico el Programa se propone profundizar en una perspectiva social y relacional de la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) que permita dar cuenta tanto del peso de las estructuras sociales (los agentes y sus relaciones) como del papel de la agencia individual. Es por ello que importan tanto las redes de relaciones para la innovación basada en CTI como las percepciones y actitudes de los agentes individuales inmersos en esas redes. Para esos propósitos, el Programa se nutre de diversas perspectivas basadas en la epistemología y sociología del conocimiento, economía y sociología de la innovación, políticas públicas de CTI, enfoques de redes, y estudios sobre actitudes y percepción social de la Ciencia y la Tecnología. Los proyectos trabajan sobre estas dimensiones conceptuales y un marco analítico común para comprender la formación, desarrollo y estabilización de redes de conocimiento en entornos de innovación.

b) *Dimensión metodológica:* A nivel metodológico el Programa busca profundizar en nuevas formas de medir y monitorizar redes de conocimiento a partir del desarrollo de indicadores socio-relacionales de CTI. El objetivo de largo plazo del Programa es validar estos indicadores en diversos estudios para su utilización sistemática en la monitorización de redes de conocimiento para agentes particulares de entornos de innovación[4].

c) *Dimensión intervención:* Los proyectos desarrollados en el marco del Programa tienen como objetivo producir evidencia empírica e información relevante para la formulación de políticas (públicas e institucionales) de Ciencia y Tecnología basadas en la conectividad y promotoras de la innovación. Desde esta perspectiva, los proyectos tienen el propósito de transferir herramientas e información para la toma de decisiones en CTI a distintos niveles de decisión institucional.

Sobre la base de estas dimensiones para el análisis de redes de conocimiento en entornos de innovación, la CSM ha estructurado su campo de investigaciones en tres líneas programáticas de investigación.

[4] Cabe indicar que estos aspectos están siendo considerados de manera comparada. Varios proyectos de la CSM tienen este componente comparado para validar indicadores socio-relacionales.

La primera línea programática está orientada a la elaboración de «diagnósticos relacionales» que permitan hacer visibles las conexiones entre ciencia, tecnología, innovación y sociedad en tanto «relaciones sociales de conocimiento»[5]. Los diagnósticos relacionales colocan el nudo de su análisis en las relaciones e interacciones existentes entre diversos agentes territoriales antes que en los atributos particulares y específicos de los mismos. Es decir, la perspectiva prioriza el «estado de la red» antes que el «estado de los nodos». Quizás cabe destacar que, en el diagnóstico relacional, las interacciones y vinculaciones entre los agentes, así como la intensidad y grado de conectividad que éstos poseen, no son un dato que preexiste, sino una situación de la que se debe dar cuenta. Se trata de un diagnóstico porque busca conocer y documentar el tipo relaciones e interacciones que se producen entre diversos agentes de un entorno espacial determinado (puede ser una institución, un cluster, un parque tecnológico, o el conjunto de la CAPV, etc.). Y es relacional porque el foco del análisis está puesto en las interacciones y vinculaciones que «existen» o que «potencialmente pueden existir» en este espacio.

[5] Con el objetivo de profundizar en el carácter social y reticular del conocimiento, de su producción, distribución, evaluación y uso, se pueden adelantar algunas hipótesis de trabajo para ilustrar lo que se entiende por relaciones sociales de conocimiento: (1) que los modos de producción, distribución, evaluación y uso de conocimiento no son externos unos de los otros sino que se constituyen en una misma red de relaciones; (2) que esta red de relaciones es heterogénea y socialmente distribuida, es decir, proliferan los intercambios de información y conocimiento en diferentes ámbitos sociales y con diferentes criterios de evaluación, y no hay una única fuente de producción, distribución y evaluación del conocimiento (tal como la ciencia y sus instituciones); (3) que las *relaciones* dentro de estas redes son asimétricas y por tanto son fuente de heterogeneidad, diferenciación social y conflicto; (4) que hay *diversos* modos de producción, distribución, evaluación y uso de conocimientos, por tanto, no hay una red de relaciones sino redes de relaciones asociadas a campos heterogéneos de conocimientos (por ejemplo, no son las mismas relaciones de conocimiento las que se encuentran en las biotecnologías, en las tecnologías de la información —TICs— y en las ciencias humanas); (5) que estas redes de relaciones no constituyen sistemas y subsistemas sino que vinculan diversos agentes sociales (o nodos) de una manera flojamente acoplada y cuya delimitación siempre es borrosa; (6) que estas redes de relaciones funcionan como estructuras laxas en las que coexisten lazos fuertes y lazos débiles entre los nodos de una red; (7) el carácter de estructura laxa de las redes de relaciones permite hacer observable el papel de la agencia individual, por tanto, no hay determinaciones estructurales fuertes ni sistémicas. La agencia individual (papel que puede ser jugado por una institución, una organización o un individuo) puede ser fuente de cambio e innovación; (8) que en la dinámica de desarrollo de las redes las percepciones y las actitudes hacia el conocimiento juegan un papel de apoyo o freno a la articulación de relaciones basadas en el conocimiento. Las percepciones y las actitudes de los agentes varían según el tipo de redes en las que se encuentran inscritos y según campos heterogéneos de conocimientos (por ejemplo, las percepciones y actitudes hacia las ciencias médicas no son las mismas que hacia las biotecnologías o hacia las ciencias sociales) (Castro, Ibarra 2005).

La segunda línea programática está orientada a producir evidencia conceptual y empírica que permita discutir y diseñar propuestas para el desarrollo de políticas públicas e institucionales de conocimiento basadas en la conectividad social. La relación entre diagnóstico y política es muy conocida (la manera en cómo son diagnosticados los problemas orientan de partida un arco de soluciones posibles), por esa razón el esfuerzo de investigación esta focalizado en desarrollar y combinar metodologías de análisis que permitan elaborar diagnósticos relacionales para promover políticas públicas de conectividad. Estas políticas no se refieren solamente a promover la articulación basada en relaciones de conocimiento entre agentes heterogéneos (empresas, universidad, centros tecnológicos, etc.) sino promover, sobre la base de la inclusión de perspectivas y necesidades locales, la convergencia hacia objetivos sociales consensuados. No se trata solamente de «articular» sino de «articular con sentido estratégico». En cierto modo, éste es el horizonte de trabajo sobre el que se perfila la transición de las regiones europeas hacia el nuevo contexto marcado por la globalización y la competitividad. Desde este punto de vista, los diagnósticos relacionales deberían producir evidencia suficiente para el diseño (o las propuestas de diseño) de una cuarta generación de políticas, las «Políticas Públicas de Convergencia»[6].

Finalmente, la tercera línea programática está referida al diseño y validación de «indicadores socio-relacionales» de ciencia, tecnología e innovación. Si los diagnósticos relacionales informan sobre el «estado de las redes»[7], los indicadores permiten monitorizarlas y realizar seguimiento y análisis de impacto de las interacciones y de las políticas públicas de conectividad. Los indicadores que están en proceso de validación en diversos proyectos que desarrolla la CSM combinan dos perspectivas. La primera, permite «medir» la innovación según la lógica interna y local de cada tipo de agente, y la segunda, «medir» la conectividad global del entorno de innovación en los que estos agentes se encuentran insertos.

[6] Como ha sido destacado en la parte introductoria del presente artículo, la primera generación de políticas de post-guerra están referidas a las políticas científicas, que muy pronto comienzan a coexistir con la segunda generación de políticas referidas a las políticas de ciencia y tecnología. Por último, una tercera generación de políticas (años 90) se refiere a las políticas de Ciencia, Tecnología e Innovación, donde el tercer término tiene el papel de articular ciencia y tecnología.

[7] Cabe indicar que la conectividad en un espacio regional está compuesta por un sinnúmero de redes de diversa complejidad, orientación, densidad y estabilidad. Por tanto, un trabajo de esta índole siempre supone la focalización del análisis reticular en redes específicas, actores concretos, relaciones determinadas. Aún cuando se parte de una concepción social y reticular de la innovación, no hay que perder de vista el carácter local de ciertas relaciones de conocimiento y la necesidad de recombinar aspectos teóricos y evidencia empírica para su análisis.

Para hacer operativas estas líneas programáticas, los proyectos concretos que se realizan en el ámbito del área de investigación incluyen cuatro líneas directrices. Estas directrices, en rigor, tienen dos componentes principales. El primer componente se refiere a las condiciones de contexto que ayudan a comprender la emergencia de ciertos tipos de redes y con ciertos tipos de actores (contexto institucional de la red). El segundo componente analiza la morfología, contenido y resultados de las redes analizadas. Esto no es más que analizar el ciclo de formación y desarrollo de una red: su estructura, el contenido de los intercambios y los resultados obtenidos por ella. Detengámonos brevemente en estas líneas.

a) *El marco institucional en el que se desarrollan las redes:* crecientemente la Administración Pública viene jugando un papel de «creador de contextos de innovación» emitiendo diversas señales jurídicas, políticas y económicas destinadas al mercado y las empresas, a los centros de producción de conocimiento y a las organizaciones sociales, para que adecuen sus estrategias y objetivos al nuevo contexto de innovación. De esta forma, el grado de diversificación de las políticas, de sus instrumentos y de sus destinatarios generan un conjunto de «redes de políticas» donde importa hacer observables cómo se han ido articulando y entrelazando los objetivos de las políticas públicas con los objetivos de las políticas institucionales (universidades, centros de conocimiento), con los objetivos de las políticas empresariales (alineamiento de las empresas a las señales del sector público) y con los objetivos de las políticas de las organizaciones sociales (ONGs de diverso tipo, sindicatos, etc.). La dinámica de las redes de políticas constituye la estructura institucional de la región, donde la administración pública es un nodo más de la red regional de políticas.

b) *La morfología de las redes*: La forma que adquieren las redes, el grado de conectividad entre los actores y la dirección de los vínculos dicen mucho sobre las potencialidades de una red. La morfología permite hacer observable la centralidad de unos nodos, el papel de ciertos actores (como traductores o intermediarios de los intercambios), las redes y subredes que se organizan en torno a los procesos de intercambio de conocimiento o procesos de innovación. La morfología indica entonces el tipo de redes que se generan, los actores que participan y la centralidad de algunos nodos. Finalmente, la construcción de indicadores socio-relacionales, para la monitorización de redes, permite detectar etapas en el desarrollo de la red y se corresponde con la morfología de la red. Morfología e indicadores permiten analizar el grado de estabilidad y el desarrollo de las interacciones dentro de la red.

c) *El contenido de las redes*: Dependiendo del tipo de redes que se estudien, se pueden registrar intercambios de información, ideas, conocimiento, bienes, tecnologías, etc. Es decir, que no es suficiente con establecer la conectividad de los actores (grado, dirección, etc.) sino que es preciso registrar el contenido de los intercambios. Contenidos distintos pueden estar generando redes distintas.

d) *Los resultados de las redes*: ¿Qué resultados, en términos de innovación y aprendizaje colectivo, se han obtenido de las interacciones?, ésta es una pregunta central. Es decir, en qué medida se ha producido innovación y de qué tipo (tecnológica, institucional, organizacional, etc.).

3.3. Resultados parciales del Programa de Investigación (2005-2008)

En el marco de las líneas programáticas de investigación anteriormente expuestas (diagnósticos relacionales, diseño y validación de indicadores y propuestas de política pública en CTI), el Programa de Investigación de la Cátedra Sánchez-Mazas ha obtenido (o está obteniendo) resultados en los siguientes dominios:

1. Movilidad y revinculación de Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología (RHCT)

a) *Diagnóstico:* en este nivel están en curso (2006) tres estudios vinculados a la movilidad y revinculación RHCT en la CAPV. El primer estudio tiene el propósito de estimar la demanda efectiva y potencial de RHCT en la CAPV en tres agentes claves de innovación: empresas (PYMES), centros tecnológicos y grupos de investigación universitarios. El segundo estudio se refiere a un análisis sobre la percepción de las causas de la emigración cualificada en la CAPV. Finalmente, el tercer estudio, trata de elaborar una base de datos de investigadores, científicos y tecnólogos vascos emigrados al exterior con el fin promover su revinculación en el marco de proyectos de red (redes internacionales de conocimiento). Con estos estudios se espera contar con un diagnóstico bastante preciso sobre la situación de la movilidad del personal de RHCT, la propensión de los agentes a integrar redes de conocimiento y las opciones y estrategias para revincular los RHCT emigrados al exterior.

b) *Herramientas:* en este nivel de las herramientas, en el campo de la movilidad, está en fase de diseño el «Portal Vasco de Movilidad y Revincula-

ción de RHCT», que permitirá visualizar la base de datos de los RHCT emigrados y su propensión a establecer vinculaciones con agentes del entorno vasco de innovación. Asimismo, los estudios dispondrán de indicadores validados de movilidad en RHCT, para monitorizar la movilidad en el entorno vasco de innovación (con especial énfasis en los tres agentes concernidos en estos estudios).

c) *Propuestas de política:* en este nivel y como resultado de los estudios en curso, se obtendrá un conjunto de recomendaciones de política pública (líneas y programas de acción) para promover la movilidad y la revinculación de RHCT, así como indicadores para monitorizar la calidad y la movilidad de los RHCT dentro del entorno vasco de innovación[8].

2. Conectividad en Centros de Conocimiento

a) *Diagnósticos:* en este nivel la CSM ha desarrollado tres proyectos y tiene uno en desarrollo. Estos tres proyectos (ya culminados) tuvieron como objetivo analizar la situación de la comunidad científica universitaria. El primer proyecto trató sobre la situación de los becarios de todos los campos disciplinarios en la UPV/EHU, con el objetivo de diagnosticar la situación del primer eslabón en la cadena formativa de Recursos Humanos. En el segundo proyecto se analizó la situación de la investigación de las Ciencias Sociales y Humanidades en la CAPV (considerando tres universidades: U. de Deusto, UPV/EHU y Mondragon Unibertsitatea). El proyecto puso el énfasis en aquellos aspectos referidos a las condiciones académicas e institucionales del sector de investigación universitaria que favorecen u obstaculizan su articulación con agentes de innovación en la CAPV. El tercer proyecto, tuvo el objetivo de evaluar, mediante un modelo integral, las actividades de investigación en Ciencias Sociales y Humanidades en la UPV/EHU. Para ello se desarrolló un modelo de evaluación de 24 indicadores, que se aplicó en una muestra representativa del personal docente e investigador de estos campos disciplinarios. Finalmente, el proyecto ac-

[8] Cabe indicar que este conjunto de estudios, si bien son liderados por la Cátedra Sánchez-Mazas, forman parte de la RED VASCA DE MOVILIDAD DE RECURSOS HUMANOS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA, espacio institucional liderado por SARETEK que tiene por objetivo coordinar diversos agentes e iniciativas referidas a la calidad y movilidad de los RHCT, así como desarrollar propuestas de política pública para el diseño de programas que favorezcan la sinergia de actores del entorno vasco de innovación orientados hacia la mejora de la calidad y la intensificación de la movilidad de los RHCT en la CAPV.

tualmente en curso estudia las redes efectivas y redes potenciales de los Centros de Investigación Cooperativa (CICs) de la CAPV.

b) *Herramientas:* en este nivel los tres proyectos culminados han generado tres tipos de herramientas: (a) Un modelo integral de evaluación de la actividad investigadora; (b) Una batería de indicadores de conectividad académica y social de la investigación para el seguimiento y monitorización de estas actividades en el ámbito universitario; (c) Una herramienta Web para la gestión de estadísticas básicas de investigación, para la difusión de estadísticas universitarias de investigación y seguimiento de la investigación. En el marco del proyecto en curso sobre CICs, está en diseño un modelo para el estudio de la conectividad de los CICs y el diseño de indicadores socio-relacionales para la monitorización de redes en centros de conocimiento.

c) *Propuestas de Política:* en este nivel los proyectos han generado un importante impacto en cuanto a la consideración institucional de las actividades de los becarios, y en el plano de las actividades de investigación se han desarrollado 10 propuestas para la mejora de las actividades de investigación, que se focalizan principalmente en las líneas de evaluación y seguimiento de esta actividad particular en el ámbito universitario, la internacionalización de la investigación, la construcción de redes académicas y el incremento de la productividad investigativa.

3. Conectividad, innovación y actitudes en PYMES

a) *Diagnóstico:* en este nivel la CSM ha desarrollado un estudio sobre PYMES vascas basado en un modelo ampliado de la innovación (componentes del modelo: innovación tecnológica; innovación no tecnológica; conectividad para la innovación; y actitud del empresariado hacia la ciencia, la tecnología y la innovación).

b) *Herramientas:* en este nivel, el modelo ha permitido desarrollar indicadores de conectividad en PYMES, y revisar las mediciones de PYMES innovadoras a partir de considerar estas actividades como un fenómeno ampliado (donde interactúan las actitudes, diversos tipos de innovación y la conectividad para su desarrollo).

c) *Propuestas de política:* en este nivel se han desarrollado 8 recomendaciones para el desarrollo de políticas de conectividad para la innovación en PYMES.

4. Consideraciones finales

Estamos asistiendo a la emergencia de un nuevo escenario en el que las relaciones entre ciencia, tecnología, innovación y sociedad están siendo reconfiguradas. Muchos autores han definido este nuevo escenario como la emergencia de una sociedad basada en el conocimiento.

En este nuevo escenario, el conocimiento ya no es un atributo de instituciones particulares sino que se encuentra socialmente distribuido. El desafío actual de regiones enteras es crear las condiciones adecuadas para que el conocimiento (y los recursos humanos que lo portan) circulen y desarrollen relaciones de cooperación e interacción, es decir, desarrollen redes de conocimiento. El papel del conocimiento siempre ha sido decisivo en el desarrollo social de regiones y países, sin embargo, en las condiciones actuales de competitividad sistémica, el conocimiento es la base de la innovación, es la amalgama entre la ciencia y la tecnología, y necesita fluir entre agentes heterogéneos (que tienen objetivos, practicas y conocimientos muy diferentes) para producir sinergias globales orientadas al desarrollo social. Este escenario de difícil gestión (entre conocimientos diversos y actores heterogéneos), marcado por un horizonte de convergencia social es, en cierto modo, el horizonte que propone la Unión Europea con sus diversos programas de Ciencia, Tecnología e Innovación y estrategias de cohesión social.

Las relaciones entre conocimiento e innovación han ido desplazando el epicentro de la innovación tradicionalmente atribuido a la empresa a todo un conjunto muy diverso de agentes y actores sociales. Es un movimiento que compromete a las universidades, al sector público y a otros agentes (fundaciones, organizaciones civiles, etc.), que deben utilizar cada vez en mayor medida el conocimiento como herramienta para sobrevivir en estructuras crecientemente competitivas y especializadas (la competencia académica está siguiendo los mismos derroteros que la competencia empresarial).

En este nuevo escenario, la investigación universitaria debe atender a los nuevos requisitos sociales de conocer y documentar lo «que está pasando mientras está pasando», es decir, dar cuenta de manera diagnóstica de las claves en las que este nuevo escenario se desarrolla, pero también debe proveer a diversos agentes sociales de propuestas y guías para la acción asumiendo un enfoque interventivo y propositivo del conocimiento.

El Programa de Investigación de la Cátedra Sánchez-Mazas recoge algunos de estos desafíos. Es en cierto modo un Programa ambicioso, en el sentido de que tiene el propósito estratégico de mapear la conectividad de los agentes más decisivos en el entorno vasco de innovación. Es también un Programa cauto desde la perspectiva de la investigación, puesto que da por supuestas pocas cosas en torno a la conectividad y la configuración de redes de conocimiento. La existencia del grado de conectividad y sus resultados es un aspecto que debe ser demostrado y documentado *ex-post* a la investigación. El Programa trata de desarrollar un enfoque conceptual que permita construir evidencia sobre la conformación de redes de conocimiento. No sólo se trata de especular sobre procesos sino de construir evidencia empírica que muestre tendencias y senderos. Finalmente, en el aspecto propositivo, el Programa trata de ofrecer herramientas e instrumentos para favorecer el desarrollo de políticas de conectividad para fortalecer y monitorizar redes de conocimiento.

5. Bibliografía

Castro, J. e Ibarra, A. (2005): «Ocho hipótesis sobre las «relaciones sociales del conocimiento» desde un enfoque representacional», *Ergo,* n.º 16, pp. 23-41.

Cooke, P. (2003): «Sistemas de innovación regional: conceptos, análisis y tipología», en Olazaran y Gómez Uranga (eds.), 2003, pp. 74-91.

David, P. y Foray, D. (2002): «The Explicits Economics of the Knowledge Society», *SIEPR Discusión Paper,* n.º 01-14.

Etzkowitz, H. y Leydesdorff, L. (2000): «The dynamics of innovation: from national systems and "Mode" 2 to a Triplex Helix of University-Industry-Government Relations», *Research Policy* 29, pp. 109-123.

Gibbons, M. *et al.* (1994): *La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Barcelona, Pomares-Corredor, 1997.

Lundvall, B. (2001): «Innovation and Learning in a National System, in Industries and Firms», ponencia presentada en ECIS conference, Eindhoven, pp. 1-40.

Moulaert, F. y Sekia, F. (2003): «¿Región innovadora, región social? Una perspectiva alternativa sobre la innovación regional», en Olazaran y Gómez Uranga (eds.), 2003, pp. 185-218.

Nonaka, I. y Takeuchi, H. (1995), *The Knowledge-Creating Company*. New York, Oxford University Press.

Olazaran, M. y Gómez Uranga, M. (eds.) (2003): *Sistemas regionales de innovación*, Bilbao, Servicio Editorial de la UPV/EHU.

ISBN: 978-84-9860-260-9