

Boletín de vigilancia tecnológica

# Biometría

Boletín de vigilancia tecnológica que se enmarca dentro de la cátedra de Propiedad Industrial e Intelectual de Clarke, Modet & Co. con la Universidad Politécnica de Madrid.



CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Clarke, Modet & C<sup>o</sup>  
ESPAÑA

CÁTEDRA PROPIEDAD INDUSTRIAL E INTELECTUAL

### Contacto Universidad Politécnica de Madrid:

Área de Innovación, Comercialización y Creación de Empresas

Vicerrectorado de Investigación

Universidad Politécnica de Madrid

e: [innovacion.tecnologica@upm.es](mailto:innovacion.tecnologica@upm.es)

w: <http://www.upm.es>



**Clarke, Modet & Cº**  
FUNDADA EN 1879

### Contacto Clarke, Modet & Co.:

Área de Inteligencia Tecnológica

Clarke, Modet & Co.

e: [inteligenciatecnologica@clarkemodet.com](mailto:inteligenciatecnologica@clarkemodet.com)

w: <http://www.clarkemodet.com/>

## Índice

1. Metodología .....	4
2. Introducción .....	5
2.1 Tipo de soluciones biométricas.....	5
2.2 Sectores de aplicación.....	8
2.3 Potencial de mercado .....	11
3. Análisis global por publicaciones.....	15
3.1. Evolución temporal investigadora .....	15
3.2. País origen de la publicación.....	15
3.3. Institución origen de la publicación .....	15
3.4. Tipos de publicaciones .....	16
3.5. Fuente y revista de la publicación.....	16
3.6. Excelencia investigadora .....	17
3.7. Listado de publicaciones científicas .....	18
4. Análisis según tipo de tecnología biométrica por publicaciones .....	19
4.1. Comparativa por pesos de importancia investigadora .....	20
4.2. Evolución temporal investigadora por tecnologías biométricas.....	21
4.3. Institución origen de la publicación .....	23
4.4. Excelencia investigadora .....	24
4.5. Listados de publicaciones según tecnología biométrica .....	25
5 Análisis por publicaciones científicas en España.....	30
5.1 Evolución temporal investigadora .....	30
5.2 Instituciones.....	30
5.3 Excelencia investigadora por centros.....	31
5.4 Origen regional de la publicación científica .....	31
5.5 Listado de publicaciones científicas .....	32
Referencias .....	34

Se autoriza la reproducción total o parcial de este informe con fines educativos, divulgativos y no comerciales citando la fuente. La reproducción para otros fines está expresamente prohibida sin el permiso de la UPM y Clarke, Modet & Co a través de los contactos ofrecidos.

## 1. Metodología

El presente boletín de vigilancia tecnológica tiene como objetivo revisar y hacer un breve análisis cuantitativo de información científico-tecnológica relacionada con el ámbito de la **biometría**. Para este informe, se ha considerado analizar exclusivamente información de publicaciones científicas, a nivel nacional e internacional, y en un ámbito temporal de los últimos diez años (2000-2010). Una revisión periódica de este tipo de información y de los resultados que proporciona su análisis debe favorecer el seguimiento de las tecnologías y extraer tendencias de forma temprana, así como detectar nuevas oportunidades tecnológicas.

La metodología de búsqueda de información ha sido la siguiente:

- Base de datos consultada: *Web of Science*. *Web Of Science*, de *ISI Web of Knowledge* [1], agrupa las bases de datos de publicaciones editadas por ISI (*Institute for Scientific Information*), con información sobre investigaciones multidisciplinares proveniente de revistas especializadas en ciencias, ciencias sociales, artes y humanidades. Incluye alrededor de 9.000 revistas, 27.000 nuevos registros semanales y más de 500.000 nuevas referencias citadas cada semana.
- Espacio temporal: 2000-2010.
- Fecha de consulta: junio – 2011.
- Referencias encontrada: 9.057 publicaciones.

Para esta búsqueda global de información, se ha ido refinando la estrategia de búsqueda considerando tanto términos que identifican el campo de la biometría y sus tecnologías, como de conceptos que puedan centrar la aplicación de éstas (*verification, identification, recognition, authentication, analysis*). Lógicamente, se ha acotado lo máximo posible esta búsqueda para que se obtengan resultados con aplicación directa para las personas. También, se ha realizado un filtrado de resultados según áreas de aplicación, priorizando aquellas de la ingeniería, electrónica,

inteligencia artificial, computación, telecomunicaciones, o software.

Para identificar las diferentes tecnologías biométricas analizadas, se han utilizado los siguientes términos clave:

Tecnología biométrica	Términos clave
Biometría (genérico)	<i>biometrics, biometry</i>
Huellas digitales	<i>fingerprint, thumbprint</i>
Geometría de la mano	<i>knuckle, hand &amp; geometry</i>
Termografía	<i>termograph, thermogram</i>
Reconocimiento Vascolar	<i>vascular, vein &amp; pattern, scan</i>
Reconocimiento Facial	<i>face, facial &amp; recognition, pattern</i>
ADN	<i>DNA, deoxyribonucleic acid</i>
Olor corporal	<i>odour, odor, scent &amp; recognition</i>
Rayas de la mano	<i>hand, palm recognition, handprint, palmprint</i>
Iris	<i>iris</i>
Análisis de retina	<i>retinal, retina &amp; scan</i>
Análisis de córnea	<i>cornea scan</i>
Voz	<i>voice, speech, speaker</i>
Firma y escritura manuscrita	<i>signature, writing, handwriting</i>
Dinámica de teclado	<i>keystroke, key sequence rhythm</i>
Cadencia de paso	<i>gait</i>
Análisis gestual	<i>gesture</i>

## 2. Introducción

Las características únicas del individuo, ya sean físicas o de comportamiento, pueden convertirse en medidas biométricas para el reconocimiento y autenticación de su identidad. Un sistema biométrico tipo funciona mediante comparación entre la captura biométrica y la referencia registrada y almacenada previamente. Las características biométricas se transforman a un formato digital procesable (*template* o modelo). Puesto que dos muestras biométricas con el mismo origen tomadas en diferentes momentos nunca generan dos modelos idénticos, una solución biométrica no puede asegurar una fiabilidad de desempeño del 100%. Se manejan entonces dos tipos de errores asociados: tasa de aceptación falsa (FAR) y tasa de rechazo falso (FRR). El punto en el que ambas medidas coinciden se denomina tasa de error igual (EER).

Un primer tipo de errores se relacionan con el “ruido” asociado con la adquisición de los datos y tienen un origen diverso (desempeño de los sensores, malas condiciones ambientales, estado o comportamiento del usuario). Como resultado, la muestra biométrica puede ser comparada incorrectamente y el usuario ser rechazado. Otro tipo de errores tiene que ver con la propia variabilidad de los datos biométricos entre una adquisición y otra, más relevante en algunas tecnologías biométricas que en otras.

El método completo de autenticación biométrica se puede componer entonces de dos procesos:

- uno de identificación, en el que la muestra se confronta con un conjunto de referencias para comprobar si existe un registro previo o no (relación de 1:N);
- otro de verificación, en el que la muestra se confronta respecto de la registrada de la misma persona para comprobar su verdadera identidad (relación 1:1).

El desarrollo tecnológico biométrico, en términos generales, se encuentra ya en un estado maduro, y el interés por implementar sistemas biométricos globales para la seguridad es creciente, impulsado por ejemplo por la amenaza global terrorista de los últimos años y la necesidad de regular el paso de la

inmigración a países desarrollados y evitar fraudes de identidad. De hecho, un proyecto de envergadura relacionado con la introducción de medidas biométricas en pasaportes en EEUU, “*Enhanced Border Control Act*”, fue tractor en la estandarización y desarrollo en este campo a nivel mundial. Como consecuencia, la industria relacionada norteamericana se posicionó y la europea, tecnológicamente más avanzada, quedó como seguidora. En Europa, aunque se cuenta con la experiencia de casos destacados, los organismos competentes, como la Comisión Europea, recela aún de una implementación a gran escala con altos costes dada la falta de experiencia de esta tecnología relativamente nueva y del potencial impacto que eventuales fracasos y su divulgación puede suponer para la sociedad.

Los aspectos sociales siguen jugando un papel fundamental en este sector de aplicación, y, en algunos casos, ralentizando una implantación más masiva. La aparente falta de privacidad o de confiabilidad son factores que llegan a privilegiarse por encima de las ventajas de seguridad que la tecnología supone. Una interoperabilidad futura probada de los sistemas en el ámbito transnacional también mejoraría la percepción de los usuarios acerca de su efectividad.

En términos económicos, el mercado biométrico crece cada año y fuerza una mayor demanda de la industria implicada, de desarrolladores de soluciones, de investigadores y de usuarios finales.

### 2.1 Tipo de soluciones biométricas

Se conocen actualmente entre 20 y 30 tecnologías biométricas implementables, cada una con sus propias fortalezas y debilidades y con características propias que las pueden hacer más adecuadas para una aplicación u otra. Por ejemplo, aún siendo muy fiable, se ha comprobado que el reconocimiento por iris baja en desempeño para algunos colores específicos de esta membrana, además de ser cara y difícil de implementar. En el reconocimiento por huella dactilar, de uso tan extendido, esta marca física varía en función de la edad y la verificación se suele ver alterada por un mal funcionamiento de los dispositivos de captura. El reconocimiento facial es inmediato, pero subjetivo y también alterable por disfraces y complementos que el individuo puede colocarse en la cara.

Incluimos a continuación las principales características de las soluciones tecnológicas biométricas más comunes.

#### a. Huella dactilar

La identificación a través de la huella dactilar está plenamente extendida siendo usada durante decenas de años. Se suele considerar como una de las técnicas que mejor relación presenta en coste, disponibilidad y fiabilidad. Sin embargo, ésta última depende mucho de la calidad de la imagen registrada en el momento de entrada al sistema. Algún segmento específico de la población puede no ser hábil para utilizar esta solución (trabajadores manuales, con fisiologías especiales en la mano, con mayor humedad o sequedad...), contabilizado entre un 1% ó 2% de la población. Un aspecto importante es la coexistencia de numerosos tipos de sensores asociados con diferentes tecnologías, lo que crea un problema importante de interoperabilidad.

Esta técnica requiere que el individuo esté presente físicamente, en ocasiones se considera invasiva y todavía acarrea una imagen social negativa por la cual se asocia con prácticas policiales de identificación de sospechosos.

La suplantación de identidad en este tipo de sistemas puede ser relativamente sencilla y por ello, escáneres más avanzados miden también algún signo vital, por ejemplo, la temperatura del dedo en el momento del registro de información.

Destacamos:

- Buena aceptación en general, aunque mantiene connotaciones forenses.
- Buen desempeño, con una tasa aceptable de error.
- Bajo coste y sistemas compactos.
- Uso fácil.
- Solución probada en implementaciones a gran escala.
- Fácilmente impostable en sistemas básicos de captura de imagen dactilar.
- Problemas de utilización para algún sector específico de la población (2%).
- Problemas con el mantenimiento de los sensores.

#### b. Facial

Este tipo de identificación se basa en el análisis de la estructura facial del individuo registrada por una cámara midiendo distancias y relaciones entre pun-

tos y creando un modelo que debe ser único por persona.

Las imágenes pueden ser tomadas a gran distancia y en principio no requiere de la colaboración del individuo (bajo intrusismo). En la actualidad, esta técnica ofrece menores garantías de fiabilidad debido a la posible disparidad de resultados, algunos relacionados con cambios en la fisonomía de los usuarios con el tiempo o incluso con condiciones del entorno. Aún así, el desarrollo de la tecnología se encuentra en pleno avance y presenta uno de los mayores crecimientos del mercado.

Destacamos:

- Alta aceptación de uso.
- Coste medio – alto y compacto.
- No intrusiva.
- Uso sencillo.
- Necesidad de algoritmos de tratamiento de imágenes avanzados, para alta resolución, capaces de discriminar fielmente las condiciones de variabilidad del entorno de cada imagen.
- La captura de datos es fácil de automatizar.
- Reutilización de bases de datos de imágenes faciales ya existentes, derivadas de los sistemas tradicionales de identificación (pasaportes, permisos de conducir).
- Aplicación posible en áreas amplias (estadios, aeropuertos...) a través de cámaras de vigilancia.
- Problemas de reconocimiento por variaciones en la cara (accesorios, gafas...) o edad.

#### c. Iris

A través del escaneo del iris, una cámara de vídeo registra una imagen del ojo de la persona desde una distancia aproximada típica de medio metro, recogiendo un modelo único que se registra. El "código iris" tras el proceso codificador genera una de las huellas más precisas de entre todas las técnicas biométricas, aunque esto supone admitir unas condiciones bastante restrictivas en la adquisición de datos (cámara específica, posición del ojo por lo general a una distancia precisa de la cámara). Igualmente, permite reconocimientos remotos y no se considera excesivamente invasiva.

Para evitar fraudes de identidad, es posible variar la luz que se utiliza forzando la reacción de la pupila.

Esta técnica asegura pocos fallos positivos, pero por el contrario requiere de mayor capacidad de almacenamiento.

Destacamos:

- Coste alto.
- Resultados muy buenos en cuanto a fiabilidad, con tasas de errores de identificación despreciables, aunque variables según los dispositivos de medida.
- Tasa creciente de crecimiento en el mercado.
- Avances que permiten el procesado del iris a distancia entre 2 y 3 metros.
- Retos pendientes en cuanto a la disponibilidad de bases de datos y la adquisición de modelos.
- Pendiente aún de algunos avances para una mayor comercialización: costes y percepciones sociales erróneas (posible daño físico para los ojos).
- Problemas registrados de identificación para personas con enfermedades oculares, como cataratas.

#### d. Tecnologías multimodales

La combinación de 2 ó más tecnologías biométricas en una solución integrada está teniendo un rápido desarrollo tecnológico y despliegue comercial, al aportar mayor flexibilidad y precisión. Se comprueba así una reducción de los tipos de errores comentados anteriormente, derivados del “ruido” que se introduce en la toma de datos y por cambios propios del usuario. Además, mejoran la aceptación del usuario que percibe una mayor sensación de confiabilidad.

La flexibilidad citada permite por ejemplo al usuario utilizar sólo una de las tecnologías biométricas del sistema en caso de estar impedido temporalmente para la otra o presentar rechazo a una de estas alternativas.

En definitiva, para el diseño de una aplicación biométrica multimodal, se deben considerar algunos aspectos:

- Tecnologías que se combinan: orientadas a los requisitos de la aplicación (desempeño, usabilidad...) y factores de partida, como recursos disponibles o costes que se están dispuestos a asumir.
- Fusión de datos: la combinación de tecnologías origina dos flujos de datos que se pueden pro-

cesar en diferentes momentos: en el momento de la adquisición, generando un único *input* de datos como resultado; en el momento de la decisión como resultado del proceso, combinando las decisiones como sistemas biométricos separados; o combinando los valores de aceptación por separado, para dar otro global que soporte la decisión.

Uno de los mayores problemas hoy en día con este tipo de soluciones tiene que ver con la disponibilidad de bases de datos multimodales, consecuencia generalmente de proyectos de I+D y con muestras de pocas modalidades biométricas (usualmente, voz y facial). El desarrollo de estas bases de datos es costoso, tanto en recursos como en tiempo, por lo que su implantación a gran escala es complicada y, con ello, evaluar las probabilidades de éxito de este tipo de soluciones en implementaciones masivas.

Se comprueba que las tecnologías biométricas presentadas presentan beneficios y desventajas dependientes de la aplicación final. Por ello, la comparación de estas tecnologías fuera de su ámbito no es siempre adecuada, ya que no se contemplan las especificidades del sistema en su conjunto. De cualquier forma, se suelen manejar una serie de parámetros, objetivos y subjetivos en función de casos de experiencia, que permiten confrontar estas soluciones con el objetivo de predecir su emergencia o evaluar su adecuación a sistemas multimodales.

***“Según Forrester Research, la comercialización de soluciones para la gestión de la identidad a nivel mundial aumentará de 2.600 \$millones en 2006 a 12.300 \$millones en 2014”***

La Tabla 1 compara estos parámetros de las tecnologías biométricas consideradas en las descripciones anteriores.

	Huella	Facial	Iris	Voz
Tipo	Físico	Físico	Físico	Físico-Comportamiento
Método	Activo	Pasivo	Activo	Activo
Tasa de error igual (EER)	2-3.3%	4.1%	4.1 – 4.96%	0.1 – 0.86%
Tasa de falsa aceptación (FAR)	2.5%	4%	6%	0.75%
Tasa de falso rechazo (FRR)	0.1%	10%	0.001%	0.75%
Fallo en el registro	4%	-0%	4.1 – 4.6%	0.1 – 0.86%
Coste	Medio	Alto	Muy alto	Medio - bajo
Aceptación social	Media	Alta	Baja	Alta

Tabla 1. Comparativa tecnologías biométricas. Fuentes: Opus Research, European Commission, IPTS.

A raíz de esta comparativa, la tecnología biométrica vocal ofrece unas posibilidades más que atractivas, con datos de fiabilidad probados, percepción social favorable y bajo grado de intrusismo, facilidad de uso e interacción, y coste bajo comparativo de implantación.

## 2.2 Sectores de aplicación

La aplicación de la biometría abarca variados sectores de actividad e impacta desde diferentes perspectivas en el beneficio de la sociedad. A nivel nacional o transnacional, es un mecanismo efectivo para el control de pasos fronterizos, mejorar la seguridad de las redes de computación, prevenir fraudes financieros, controlar el acceso físico a servicios o instalaciones, o verificar la asistencia y tiempos. A nivel de consumidor, la biometría es una alternativa efectiva para preservar la identidad de la persona y prevenir el fraude por suplantación. Se reconocen aquí los siguientes sectores de aplicación biométrica:

### a. Control de fronteras e inmigración

La autenticación de la identidad de viajeros en los controles de frontera es un medio esencial para reforzar la seguridad o para la detección de la inmigración ilegal. En un futuro cercano, la mayor parte de los países requerirán de sus ciudadanos que presenten una prueba biométrica para el paso

fronterizo, de entrada y de salida. En este sentido, la implantación de sistemas basadas en el escaneo de huellas dactilares y reconocimiento de iris están siendo las soluciones más frecuentes, fundamentalmente en los aeropuertos.

### b. Entorno aeroportuario

Las tecnologías biométricas se han implantado con éxito en algunos de los mayores aeropuertos del mundo, mejorando las condiciones de seguridad y productividad. La autenticación a las zonas de cabinas de aviones, equipajes, áreas de embarque o de mantenimiento está ya regulada por soluciones de este tipo. En este entorno, no sólo las aplicaciones biométricas permiten verificar el paso autorizado de pasajeros, sino que puede regular el paso de los empleados a zonas restringidas o detectar la entrada de criminales al aeropuerto.

En este sector del transporte aéreo, ICAO (*International Civil Aviation Organization* [2]) ha trabajado en el establecimiento de una serie de estándares internacionales orientados a la industria y se postula por el reconocimiento facial como principal tecnología biométrica, seguida del escaneo de iris y de huella dactilar como complementarias a la primera. La prioridad por mejorar las condiciones de seguridad en los vuelos comerciales ha crecido año tras año sobre todo tras los atentados terroristas del 9/11. Se estima que la aplicación para este control de viajeros es



aún pequeña en cuota de mercado dentro del sector biométrico (2%), pero con un crecimiento anual cercano al 50%.

Según una encuesta realizado por la empresa SITA, proveedor de soluciones TIC para el sector del transporte aéreo, a 129 aerolíneas, el 20% de éstas están invirtiendo recursos en integrar soluciones biométricas en sus operativas de viaje.

#### c. Control de acceso físico a zonas restringidas

Uno de los usos más extendidos de la biometría es el del control de acceso físico a edificios o zonas restringidas por motivos de alta seguridad. Por esta necesidad de mayor restricción, se utilizan varias tecnologías biométricas, por separado o en combinación, para asegurar la entrada del personal autorizado según diferentes grados de permisos.

#### d. Servicios bancarios

La aplicación de soluciones biométricas para servicios financieros, comercio electrónico y pagos móviles cuenta con una estimación alta de crecimiento anual, en torno al 21%, y una cuota de mercado sobre el ámbito biométrico global del 14%. El robo de identidad digital para fraudes financieros es el delito de guante blanco con una incidencia cada vez mayor y las entidades bancarias tienen una prioridad en mejorar la autenticación de las identidades para asegurar las transacciones.

Esto es aplicable por ejemplo al acceso de cajeros automáticos, banca on-line o autenticación de la identidad del punto de venta. De especial interés para la biometría vocal resulta su aplicación en banca móvil y autenticación por voz. La Figura 1 nos muestra un escenario global de usuarios de servicios bancarios de este tipo, con un crecimiento exponencial. Según Berg Insight [3], en 2014 900 millones de personas en todo el mundo serán clientes habituales de banca móvil.

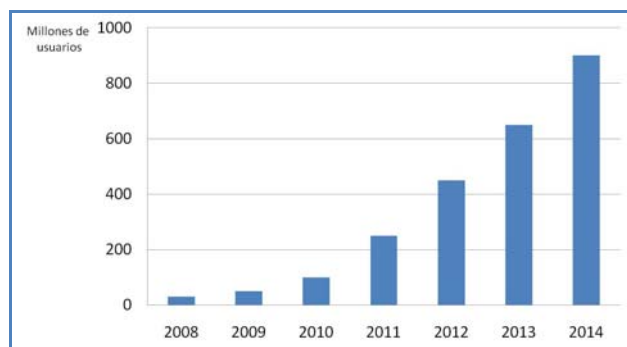


Figura 1. Usuarios activos de banca móvil y servicios financieros relacionados. Fuente: 'Mobile Banking & Payments', Berg Insight, 2009.

*“Un tercio de los clientes encuestados para un estudio de Alcatel-Lucent optarían por un banco con medidas de seguridad basadas en biometría de voz”*

Ante esta perspectiva, la securización de la información y de la identidad en transacciones realizadas por dispositivos móviles es clave para vencer la desconfianza de los usuarios en los métodos habituales de seguridad de sus bancos. Una investigación de mercado realizada por las empresas Alcatel Lucent y SpeechStorm con encuestas a un panel de clientes durante 2008 ofrece datos interesantes que corroboran el hecho de que los bancos y responsables financieros deben ser mucho más activos a la hora de adoptar tecnologías que mejoren la seguridad de sus servicios. Un 79% de los encuestados estarían dispuestos a utilizar en un futuro cercano la biometría vocal para acceder a servicios bancarios. Un 38% optaría por ser cliente de un banco que mejore las condiciones de seguridad por biometría de voz respecto de otro que no. Incluso un 37% de ellos estaría dispuesto a pagar una pequeña tasa adicional como cliente de un banco que invierta en optimizar la seguridad de sus operativas.

A través de diferentes medios de comunicación y foros, empresas tan relevantes como Barclays o HSBC se han posicionado públicamente interesados en el potencial que la biometría de voz puede significar para ofrecer servicios más rápidos y seguros a sus clientes.

#### e. Administraciones públicas e identificación civil

La aplicación de las tecnologías biométricas por parte de gobiernos y administraciones públicas constituye aún el mayor mercado vertical. El caso concreto de aplicación en identificación civil mantiene una tasa de crecimiento anual del 29%, suponiendo ahora una cuota del 40% respecto del mercado global de la biometría. Esta necesidad de mayor eficiencia y seguridad en la identificación de los ciudadanos se ha traducido en números programas ya ejecutados o en marcha para la

utilización de e-pasaportes, e-ID, visados o votos electrónicos. Como referencia, se puede destacar que a principios de 2011, 90 países de todo el mundo contarán con programas de pasaportes electrónicos, lo que supone un desafío en términos de interoperabilidad internacional. Se prevé que en 2014, Asia supere a Europa en número de e-pasaportes expedidos. Aquí, con poblaciones y economías en emergencia, se conocen casos de éxitos de gran envergadura. En la India, el gobierno implantó una solución biométrica multimodal (facial y huella dactilar) para evitar el fraude por cambio de identidad a la hora de solicitar la tarjeta nacional de identidad. En Oriente Medio, en los estados petrolíferos, el reconocimiento de iris es una tecnología cada vez más en uso para la identificación de trabajadores extranjeros. Mediante este procedimiento, en los Emiratos Árabes Unidos han detectado y expulsado a más de 300.000 personas que habían entrado en el país ilegalmente.

#### f. Verificación de identidad electrónica

La securización en las comunicaciones es esencial para diferentes sectores de la sociedad (legal, financiero, militar). Esta información, que se envía por canales y formatos diferentes (texto, imagen, voz) debe contrastarse, tanto como contenido válido como fuente original segura. Para ello, estos datos pueden ser validados incluyendo una medida biométrica del emisor y validándola contra una base de datos de personal autenticado. Tecnologías biométricas como huella dactilar, facial, iris, voz o combinación multimodal puede adaptarse para esto. En concreto, la información transmitida sobre un canal de audio puede verificarse incorporando un software de reconocimiento en el receptor y contrastándolo con un conjunto de modelos de personas conocidas.

Según *Secure Enterprise Magazine*, un usuario medio maneja hasta 8 contraseñas, en formato de texto o numérico tipo PIN. El 55% de éstos escriben al menos una de estas contraseñas y un 9%, todas. La biometría vocal puede solucionar sin duda los evidentes riesgos de seguridad que estas prácticas suponen.

#### g. Otras aplicaciones

##### i. Atención sanitaria

La tecnología biométrica tiene igualmente una aplicación relevante en el cuidado de la salud,

a la hora de reconocer la identidad de los pacientes en el momento en que son atendidos por el personal médico y posteriormente para gestionar de forma segura y eficiente esta identidad por todo el sistema de sanidad. A su vez, la biometría puede garantizar que únicamente el personal médico autorizado acceda a instalaciones (por ejemplo, zonas de operación), material de riesgo o al historial médico confidencial de los pacientes.

##### ii. Industria del juego

La industria del juego se ha mostrado en los últimos años interesada por establecer un sistema de control de identidades más seguro, tanto para regular la entrada a espacios de alta privacidad internos (centros de operaciones, salas de banca) como a los propios recintos de juegos. Dado el volumen de negocio que esta industria maneja, es crítico para ésta filtrar al máximo la entrada a los locales de personas no deseadas que pretenden ilegalmente alterar el juego. Estos registros biométricos constituyen una información muy valiosa para el resto de locales de juego que se puede compartir o vender.

##### iii. Control de tiempo y asistencia

De la misma forma, las aplicaciones biométricas tienen su utilidad para controlar la entrada y el tiempo de asistencia en determinados recintos, por ejemplo, en sedes de empresas o de instituciones públicas, sustituyendo a las tarjetas comunes de empleados.

##### iv. Universidades y centros tecnológicos

La biometría también está teniendo cada vez más un hueco en las instalaciones de universidades y laboratorios, ya sea por ejemplo a través de tarjetas inteligentes con huellas biométricas para los estudiantes, o mediante autenticación para controlar el acceso a zonas de equipamiento específico o para utilizar recursos y redes de comunicaciones.

A principios de 2007, la prestigiosa consultora TI y de investigación de mercados Gartner Group publicó su último estudio y curva de *hype cycle* en torno a las tecnologías biométricas en el que se estima la viabilidad comercial y estado de madurez de diferentes aplicaciones (Figura 2).

Se distingue aquí un tipo de sistemas con una aceptación generalizado por el mercado (control de acceso físico y de asistencia), de otras que ven rebajadas sus previsiones de éxito, en buena medida,

por proyectos aún en implantación o con retrasos (pasaportes, tarjetas de identidad).

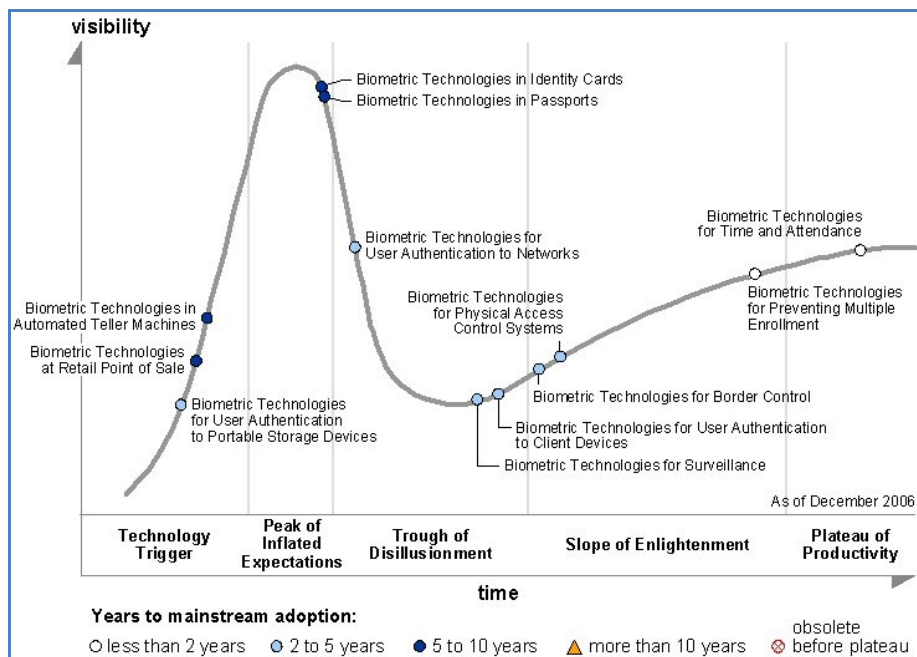


Figura 2. Curva de estimación *hype-cycle* sobre aplicaciones biométricas. Fuente: Gartner Group.

*“Según la estimación de Gartner Group, la incorporación de la biometría en la banca del futuro y en la relación con clientes está concentrando al máximo el interés...”*

Resulta interesante comprobar el tipo de soluciones que este análisis sitúa como disruptivas tecnológicamente y que más están atrayendo la atención de la industria, siempre, en el año 2007 de publicación. Destacan aquí la aplicación de la biometría en cajeros automáticos de bancos o terminales de venta de productos, con una adopción comercial prevista en un plazo de 5-10 años.

### 2.3 Potencial de mercado

En el pasado más reciente, el mercado de la biometría se ha centrado casi exclusivamente en tres tipos de aplicaciones. Por un lado, el control de acceso físico dominó el mercado biométrico (42% a principios de 2000), seguido de la incorporación en aplicaciones TI, como portátiles o como interfaces de acceso específicos (25%). Por último, el

tercer mayor sector era el de los servicios financieros (15%), el más dado a evolucionar rápidamente debido a la nueva gestión de la identidad digital, los nuevos tipos de fraudes o los cambios en el concepto de banca en sí.

La demanda de soluciones biométricas ha cambiado en función de nuevas necesidades de seguridad y los avances tecnológicos. El sector público y las administraciones protagonizan esta evolución, liderando el sector por volumen y centrandolo en cuestiones de seguridad nacional, transporte, inmigración e interoperabilidad a gran escala.

Siempre según datos de IBG (*International Biometrics Group*) [4], empresa consultora y de investigación de mercado específica de este sector, se prevé una evolución del volumen del mercado biométrico global con tasas de crecimiento lineales durante los próximos años (Figura 3). Esto supone una tasa de crecimiento anual compuesto (CAGR) del 22.3%.

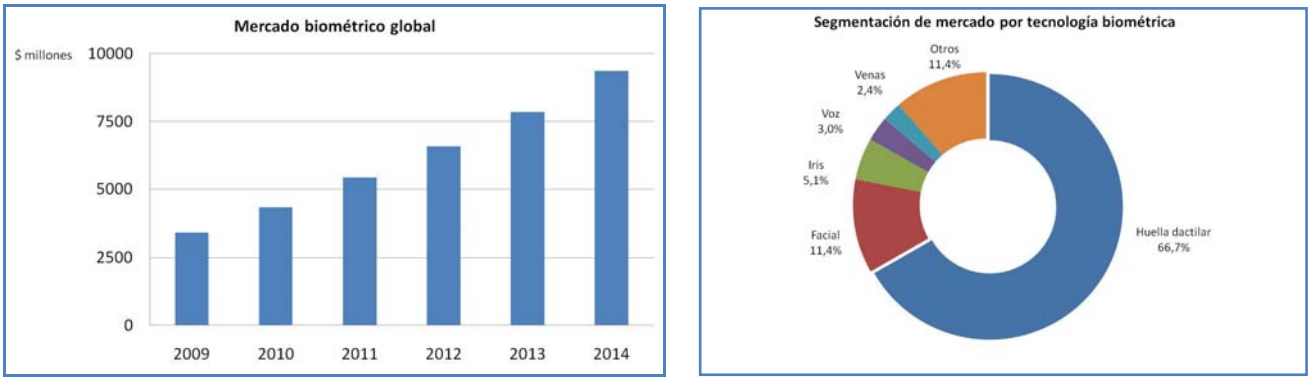
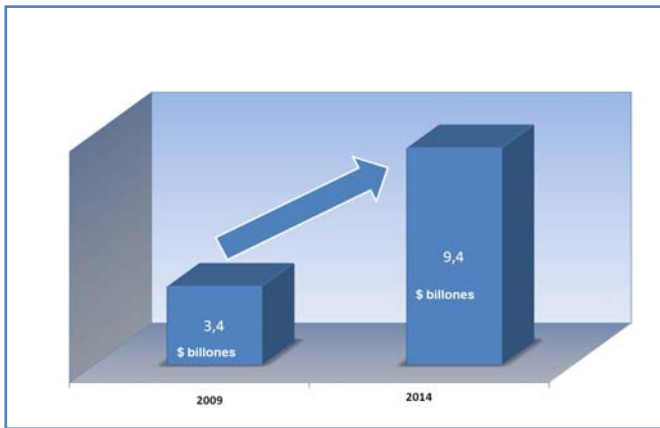


Figura 3. Volumen y evolución del mercado biométrico global; segmentación de mercado por tecnología (2009). Fuente: IBG.



*“El volumen global del mercado de la biometría prácticamente se triplica en un plazo de 5 años”*

[M\$]	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Dactilar	2.280	2.869	3.556	4.218	4.947	5.792
Facial	390	510	675	848	1.097	1.417
Iris	174	288	361	480	578	730
Voz	104	109	113	136	167	189

Figura 4. Evolución del volumen de mercado por tecnologías biométricas. Fuente: IBG.

*“La demanda del sector público en torno a la gestión de la identidad liderará la evolución futura de este mercado”*

Este aumento previsto del mercado tiene en efecto el impulso principal de programas de gestión de la identidad de gobiernos de todo el mundo y sistemas de gestión de fronteras. EEUU y el sudeste asiático son los principales mercados actuales en

productos y servicios relacionados, mientras las economías emergentes de Asia, Oriente Medio y África ganarán protagonismo por programas ya en marcha o previstos en un plazo de 2 ó 3 años.

La Figura 3 incluye una estimación de la segmentación del mercado actual de la biometría según el tipo de tecnología utilizada, con un dominio claro de las soluciones basadas en reconocimiento de huella dactilar, fundamentalmente de sistemas tipo AFIS (*Automated Fingerprint Identification System*).

Esta tecnología es de las más antiguas técnicas biométricas, impulsada por la demanda de los organismos legales y policiales para la identificación. Su amplia extensión se ha debido a un buen balance de factores como universalidad, muestras permanentes y distintivas, desempeño, aceptación, bajo coste de lectores... La utilización única de esta tecnología compromete sin embargo el acceso universal y una disponibilidad permanente en aplicaciones a gran escala, además de estar expuesta fácilmente a suplantaciones de identidad.

El escenario de volumen de mercado para aplicaciones biométricas por voz es prometedor, casi duplicándose en un plazo de 4 años y con una tendencia aun más creciente a partir de 2011.

Ya hemos destacado que la gestión de la identidad con fines civiles y de identificación criminal será uno de los principales campos de aplicación motores del sector. La prospectiva de mercado de IBG confirma este escenario, en el que las aplicaciones para la identificación civil tienen una creciente demanda impulsadas por los programas de seguridad para el control de fronteras. Según este estudio, con datos analizados de 2008, las empresas Cogent Systems (recientemente adquirida por 3M), CrossMatch, Motorola y Sagem son las líderes en este subsector con unas cuotas de mercado del 7.5%, 5.3%, 5% y 2.8%, respectivamente.

En el ámbito del control de acceso físico y de la asistencia (Figura 5), la estimación comercial también plantea un crecimiento en el volumen de mercado asociado, aunque no tan relevante como el anterior de la gestión de la identidad en el campo civil. Aquí, Suprema (6.9%), Bioscript L-1 (6.8%) y Nitgen (2.3%) son las principales empresas proveedoras de soluciones.

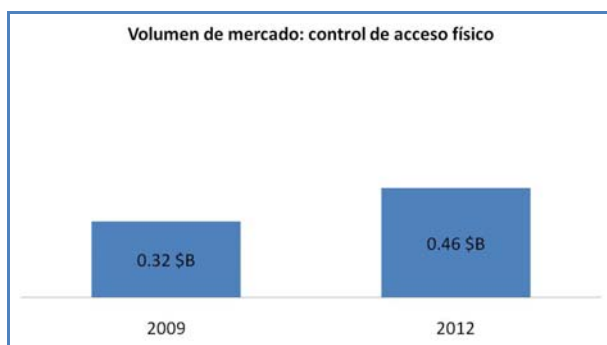


Figura 5. Evolución del volumen de mercado en el ámbito del control de acceso físico. Fuente: IBG.

El desarrollo actual y futuro del sector global biométrico viene determinado por una serie de factores de cuya evolución dependerá una implantación más masiva y exitosa:

- ✓ Los nuevos desafíos globales de seguridad y alerta anti-terrorista crearon unas expectativas desmedidas acerca de la necesidad ya inminente de mejorar las condiciones de seguridad mediante tecnologías biométricas. Sin embargo, esta aceleración no fue paralela con el grado de aceptación que mostraba el mercado.
- ✓ Durante años, se ha difundido sobre la biometría un mensaje de tecnología disruptiva a punto de ser explotada comercial y masivamente que no se ha llegado a materializar. Esto ha generado desconfianza por parte de la industria a la hora de apostar por nuevos avances tecnológicos. En el pasado, el foco se ha centrado en el desempeño de las soluciones cuando la base tecnológica no se había desarrollado plenamente para ofrecer toda su potencialidad. También, el entorno de implantación de las aplicaciones no ha sido siempre el adecuado para dar a conocer todas las posibilidades de la tecnología y atraer así a usuarios e industria.
- ✓ Una prueba definitiva para conocer el grado de madurez de este tipo de soluciones pasa por la puesta en marcha de grandes sistemas biométricos en el sector público. Se trata en general de programas de progresos lentos, con retrasos en su ejecución o en pleno desarrollo. Se han nombrado ya algunos de ellos: FBI-NGI (*Next Generation Identification*), NBIS (*UK National Biometric Identity Service*), EU VIS (*European Visa Information System*).
- ✓ El sector industrial especializado se ha caracterizado recientemente por adquisiciones y fusiones entre sus principales actores. Por ejemplo:
  - Digimarc y Bioscript, por L-1.
  - Printrak (Motorola Biometrics) por Sagem.
  - Cogent Systems, por 3M.
  - Labcal, por Cross Match.
- ✓ Esfuerzo en la estandarización que mejore la interoperabilidad e integración de las soluciones. ISO (*International Organization for Standardization*) [5] trabaja en el desarrollo de

más de 60 estándares que apoye la integración del equipamiento biométrico durante los próximos años. Actualmente, la mayoría de las soluciones en funcionamiento se forman con componentes heterogéneos cuya integración entre ellas supone un coste adicional de adaptación, tiempo y riesgo en el desempeño.

- ✓ Esfuerzo por comprender mejor la aceptación de los usuarios antes estas soluciones (barreras en el uso, intrusismo, confidencialidad, facilidad y flexibilidad, ubicuidad...).
- ✓ La evolución del mercado biométrico debe ir apoyada por una evolución de conceptos a nivel tecnológico, de aplicación y de usuario.
  - Frente a un despliegue limitado, hacia una mayor ubicuidad y coberturas más amplias.
  - Frente a unos costes elevados de implantación, hacia una mejor relación coste/desempeño.
  - Frente a sistemas rígidos en cuanto a su utilización, a formas más flexibles y dinámicas.
  - Frente a una dependencia de algoritmos y formatos, hacia una mayor interoperabilidad.
  - Frente a una actitud proactiva del usuario hacia otra más pasiva.
  - Frente a sistemas biométricos específicos por proyectos, hacia una cartera de servicios biométricos más flexibles. En este sentido, los proveedores de soluciones de gestión de la identidad optarán por descomponer sus productos siguiendo el paradigma SOA de arquitecturas distribuidas de servicios, dando forma al concepto IAAS (*identity-as-a-service*).

### 3. Análisis global por publicaciones

El número de publicaciones científicas recopiladas en *Web of Science*, de *ISI WOK*, para el período considerado (2000-2010) asciende a 9.057 referencias. Se ha realizado un análisis de toda esta documentación científica, en función de distintos criterios, que se pasan a comentar a continuación.

#### 3.1. Evolución temporal investigadora

La producción científica en forma de publicaciones relacionada con la biometría manifiesta una evolución creciente durante los últimos años paralela al afán investigador para desarrollar nuevas tecnologías en esta área, reflejo sin duda del creciente interés industrial por este ámbito tecnológico.

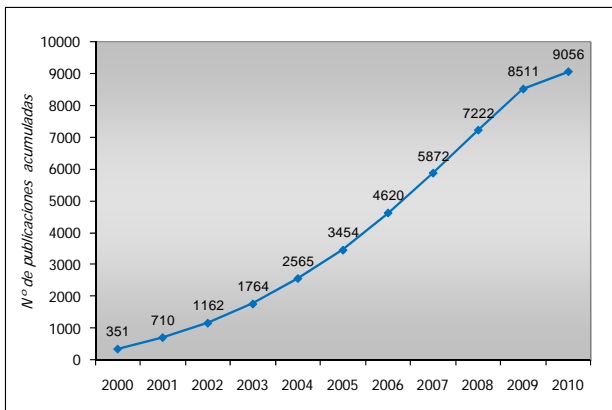


Figura 6. Evolución acumulada del crecimiento del nº de publicaciones. Fuente: elaboración propia

El número de publicaciones científicas no deja de aumentar año tras año desde el comienzo del período y hasta el 2008, fecha en la que la producción casi se ha cuadruplicado respecto de la cifra de 2000. El año siguiente, la producción disminuye ligeramente para caer de forma brusca en 2010. Aunque habrá que vigilar de cerca la evolución posterior para cerciorarse, creemos que esto no es así. Al igual que en estudios semejantes realizados sobre otras líneas tecnológicas, se detecta una disminución muy notable en la publicación científica que no resulta acorde con la evolución de los últimos años. Esto puede deberse bien a que a fecha de realización de este estudio aún no se había terminado de actualizar los

registros o bien por algún problema puntual de la base de datos que afectó a este año concreto.

Las publicaciones de media tardan unos dos años en ver la luz, por lo que, aunque no debemos dejar de lado este retraso, con este análisis lo que estamos tratando es medir la evolución de la tecnología, más que el estado del arte actual.

#### 3.2. País origen de la publicación

En este aspecto resultan destacables dos hechos: en primer lugar, la concentración geográfica en el origen de la publicación científica (el 75% de la producción total se encuentra localizada en 10 países) y, en segundo lugar, el papel predominante de las potencias científicas tradicionales (EEUU, China, Japón y Corea del Sur). Estos cuatro países generan algo más de la mitad (51%) de la producción científica global de estos últimos años (Figura 7).

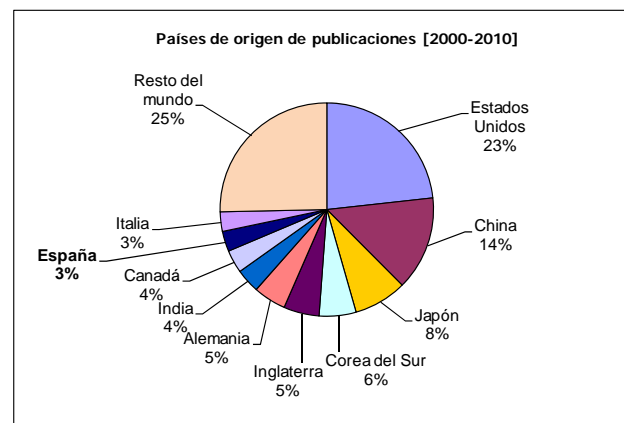


Figura 7. Países de origen de las publicaciones. Fuente: elaboración propia a partir de bases de datos de *Web of Science*

Otros países significativos en las primeras posiciones serían Inglaterra (con 487 publicaciones) o Alemania (con 449). España ocupa el noveno lugar en este ranking, con una producción de 277 publicaciones registradas en las bases de datos consultadas.

#### 3.3. Institución origen de la publicación

En la Tabla se muestran los 10 principales centros investigadores de origen en cuanto a nivel de publicación científica, donde la mitad de ellos son de EEUU, tres de China, uno de Singapur y otro de la India.











Institución de origen	País	Nº public.
CHINESE ACAD SCI		161
CARNEGIE MELLON UNIV		133
HONG KONG POLYTECH UNIV		124
NANYANG TECHNOL UNIV		96
MIT		73
UNIV ILLINOIS		70
UNIV MARYLAND		69
INDIAN INST TECHNOL		63
MICHIGAN STATE UNIV		62
CHINESE UNIV HONG KONG		60

Tabla 2. Instituciones de origen de publicaciones. Fuente: elaboración propia

En primer lugar se sitúa la *Chinese Academy of Sciences (CAS)* [6] con 161 publicaciones. CAS es la academia nacional para las ciencias naturales de la República Popular de China que posee más de 100 institutos, una universidad (la Universidad de Ciencia y Tecnología de China), y una escuela graduada, (la Escuela Graduada de la Academia China de Ciencias). La segunda posición, con 133 publicaciones, la ocupa la *Universidad Carnegie Mellon* [7], de Pensilvania, que está reconocido como uno de los más destacados centros de investigación superior de los Estados Unidos en el área de informática y robótica. Y, con 124 publicaciones se sitúa en tercer lugar la Universidad Politécnica de Hong Kong, centro que destaca por su activa investigación en el área de la biometría (ha desarrollado, por ejemplo, la base de datos PolyU relacionada con la línea de investigación en biometría de la mano).

### 3.4. Tipos de publicaciones

Según los resultados de la Figura 8, una parte fundamental de estas publicaciones analizadas (70%) son *proceedings* o actas de congresos, frente a un 28% que se refieren a artículos, y otro 2% relativo a otros elementos significativos que aparecen en las revistas incluidas en *ISI WoK*.

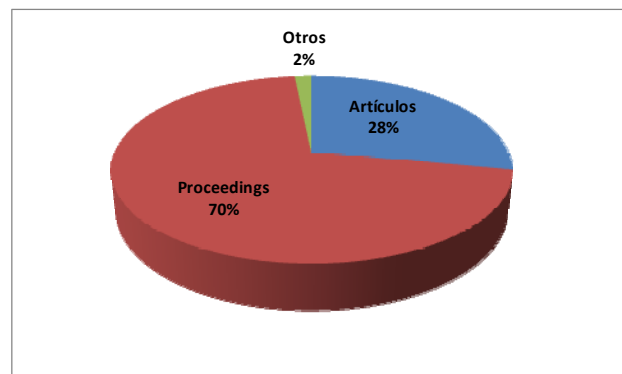


Figura 8. Publicaciones por tipo de publicación. Fuente: elaboración propia a partir de bases de datos de *Web of Science*

### 3.5. Fuente y revista de la publicación

En la siguiente tabla, se observan las fuentes de publicaciones y las revistas más relevantes en el período analizado.

Fuente de publicación	Nº publicaciones
LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE	259
SOCIETY OF PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS (SPIE)	103
LECTURE NOTES IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE	92
INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS SPEECH AND SIGNAL PROCESSING (ICASSP)	66
PATTERN RECOGNITION	64
INTERNATIONAL CONFERENCE ON PATTERN RECOGNITION	59
IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING (ICIP)	57
IEEE COMPUTER SOCIETY CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN RECOGNITION	56
NEUROPSYCHOLOGIA	50
PATTERN RECOGNITION LETTERS	47

Tabla 3. Publicaciones por fuente de publicación. Fuente: elaboración propia a partir de bases de datos de *Web of Science*

Destaca aquí claramente *Lecture Notes in Computer Science*, revista en la que se ha publicado más del doble de artículos que la segunda referencia.



### 3.6. Excelencia investigadora

En la Figura 9, se analiza la producción de publicaciones científicas por países en función de su calidad. Para ello, se toma el ratio de citación media como indicador de esta excelencia y como medio de conocer publicaciones y autores de referencia. Se compara, por tanto, cantidad o producción frente a interés despertado a través de las citas que han recibido.

A través de este análisis se comprueba un orden de relevancia muy diferente respecto del anterior, que se centraba solamente en la cantidad de publicación científica. EEUU, que antes ocupaba el primer lugar, pasa ahora a la tercera posición en cuanto a la tasa de citación media de sus publicaciones (con unas 10 citas de media), y son dos países europeos (Inglaterra y Holanda) los que

pasan a ocupar las primeras posiciones con más de 11 citas de media cada uno, por lo que parece conveniente hacer un seguimiento especial de los resultados de I+D en biometría que se están llevando a cabo en estos países.

China, Japón y Corea del Sur, que abarcaban junto con EEUU la mitad de las publicaciones incluidas en *ISI WoK*, no están consiguiendo despertar un interés similar respecto a las citaciones, situándose por debajo de muchos de los países del ranking incluidos varios europeos como Francia, Alemania e Italia. Corea se encuentra, con un índice de 2, al mismo nivel que España.

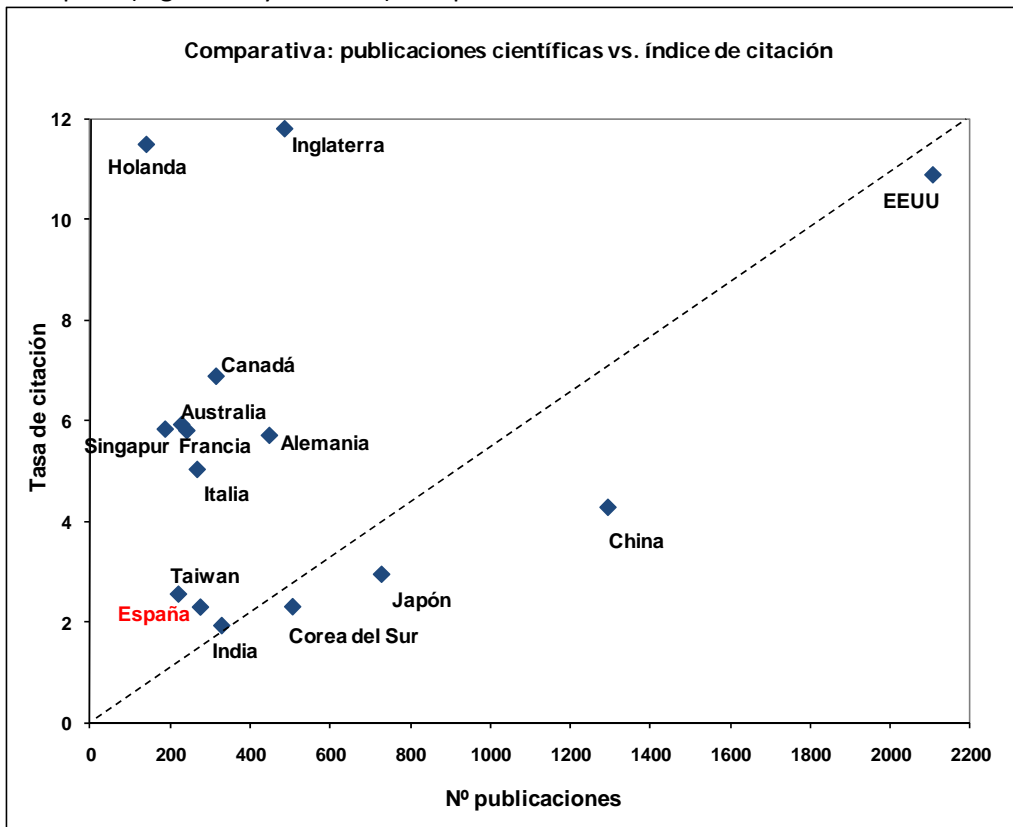


Figura 9. Comparativa producción científica vs. índice de citación. Fuente: elaboración propia

### 3.7. Listado de publicaciones científicas

Se presenta a continuación un listado de las publicaciones más citadas en los diez últimos años

(2000-2010) ordenadas en función del número de citas que han recibido, lo que nos da una idea del interés que cada una de ellas ha despertado entre la comunidad científica.

Autor	Título	Fuente	Año de publicación	Nº de citas
Phillips, PJ; Moon, H; Rizvi, SA; Rauss, PJ	The FERET evaluation methodology for face-recognition algorithms	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2000	1000
Zhao, W; Chellappa, R; Phillips, PJ; Rosenfeld, A	Face recognition: A literature survey	ACM COMPUTING SURVEYS	2003	971
Yang, MH; Kriegman, DJ; Ahuja, N	Detecting faces in images: A survey	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2002	884
Georghiades, AS; Belhumeur, PN; Kriegman, DJ	From few to many: Illumination cone models for face recognition under variable lighting and pose	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2001	583
Martinez, AM; Kak, AC	PCA versus LDA	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2001	477
Hsu, RL; Abdel-Mottaleb, M; Jain, AK	Face detection in color images	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2002	465
Plamondon, R; Srihari, SN	On-line and off-line handwriting recognition: A comprehensive survey	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2000	438
Daugman, J	How iris recognition works	IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY	2004	366
Jain, AK; Ross, A; Prabhakar, S	An introduction to biometric recognition	IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY	2004	377
Hu, WM; Tan, TN; Wang, L; Maybank, S	A survey on visual surveillance of object motion and behaviors	IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS PART C-APPLICATIONS AND REVIEWS	2004	321

Tabla 4. Publicaciones científicas más relevantes por número de citas. Fuente: elaboración propia

#### 4. Análisis según tipo de tecnología biométrica por publicaciones

Se ha realizado en este apartado un análisis bibliométrico específico del conjunto de referencias científicas según el tipo de tecnología biométrica que se cita. Para ello, previamente, se han identificado un grupo de técnicas biométricas representativas por su potencial y utilización:

- Huellas digitales: procedimiento biométrico con un mayor recorrido investigador y primeros sistemas de identificación en la década de 1980. La huella forma un patrón que se compone de crestas y valles y que identifica unívocamente a la persona. Aún extendido e implantado comercialmente en numerosos entornos, no resulta aplicable o del todo fiable para una parte de la población (cambios del patrón por envejecimiento o por motivos laborales).
- Geometría de la mano: la identificación biométrica en este caso se basa en medidas de tamaño y forma en la mano. Igualmente, existen algunos inconvenientes que reducen la fiabilidad de estas medidas, como la variación de las medidas con la edad o su dependencia de condiciones climáticas o de propiedades de la piel.
- Termografía: se basa en la medición del calor corporal irradiado por el cuerpo humano por dispositivos de infrarrojos. Aún siendo no invasiva y no necesitar de contacto físico, algunos factores frenan todavía su viabilidad comercial: coste de los sensores y equipamiento y la dificultad de tomas de datos precisas en entornos no controlados, en los que otras superficies generan más muestras de calor.
- Reconocimiento vascular: se utiliza tecnología infrarroja para reconocer patrones bajo la superficie de la piel de la parte posterior de la mano. Este patrón es interno, a diferencia de la huella dactilar, por lo que asegura mayor seguridad ante robos de identidad y fiabilidad.
- Reconocimiento facial: como característica biométrica, se relaciona de forma natural con las habilidades humanas de reconocimiento personal. Para esto, se suelen considerar rasgos faciales (nariz, ojos, cejas...) o la composición en su conjunto de la cara. La técnica se ha desarrollado lo suficiente como para asegurar rendimientos adecuados tanto como aplicación de toma estática de los datos de la persona, como en entornos más dinámicos (en movimiento y con fondos variables).
- ADN: el análisis del ADN (ácido desoxirribonucleico) permite una identificación única del individuo, hasta la fecha, con fines principalmente forenses. No permite una autenticación en tiempo real de la persona, al basarse en procesos químicos especializados y en laboratorios costosos. Por otra parte, es relativamente sencillo el conseguir una muestra de ADN sin el conocimiento del individuo, lo que genera problemas de fiabilidad y privacidad.
- Reconocimiento por olor corporal: la identificación aquí se basa en la caracterización del olor corporal humano, dependiente de la composición química. Aún con limitaciones, es de gran aplicación en aeropuertos o detecciones de explosivos.
- Rayas de la mano: en este caso, lo que se analiza es la forma y geometría de las rayas de la mano como patrón identificador del individuo.
- Análisis del iris: la composición del iris es lo suficientemente compleja como para ser un elemento de reconocimiento, unívoco y difícil de imitar, incluso quirúrgicamente. Progresivamente, los sistemas de reconocimiento han abaratado sus costes, presentan un manejo más sencillo y se adaptan mejor al usuario.
- Análisis de retina: aunque igualmente esta técnica se basa en una característica inherente muy difícil de reproducir, la captura de la imagen requiere de una colocación precisa de la persona y un contacto físico. Esto último limita de momento la aceptación de uso por el usuario.
- Análisis de córnea: identificación en base a imágenes tomadas de la córnea y parámetros específicos de ésta.

- Patrón de voz: la huella de voz que distingue a cada persona (voiceprint) es resultado de la combinación de factores de dos tipos. Los primeros, de tipo fisiológico, determinan rasgos físicos únicos de los pliegues vocales del aparato vocal del locutor (de forma simple, asociados a tamaño y forma de este tracto). El segundo tipo de factores se relacionan con modos de comportamiento del hablante, como su acento, la velocidad del habla o el énfasis en la pronunciación de ciertas palabras. El análisis de este tipo de factores intrínsecos de la persona a través de su voz resulta en medidas biométricas capaces de identificar al individuo y, en su caso, autenticar su identidad.
- Firma y escritura manuscrita: método muy aceptado como medida identificadora del individuo en trámites administrativos y comerciales, aunque presenta limitaciones por la variabilidad de la firma en el tiempo y una subjetividad que la puede hacer propensa a la falsificación.
- Dinámica de tecleo: la característica, ritmo y números de pulsaciones del individuo en un teclado puede ser también una medida biométrica.
- Cadencia de paso: la forma de andar de la persona, ritmo y movimiento espacio-temporal son características biométricas de la persona que también pueden ser analizadas en aplicaciones de seguridad a partir de secuencias de vídeo grabadas.
- Análisis gestual: en este caso, la característica biométrica se basa en el análisis del lenguaje gestual y corporal que puede identificar a un individuo.

#### 4.1. Comparativa por pesos de importancia investigadora

En este apartado, se realiza un análisis comparativo cuantitativo del conjunto de publicaciones según el tipo de tecnología biométrica que se trata.

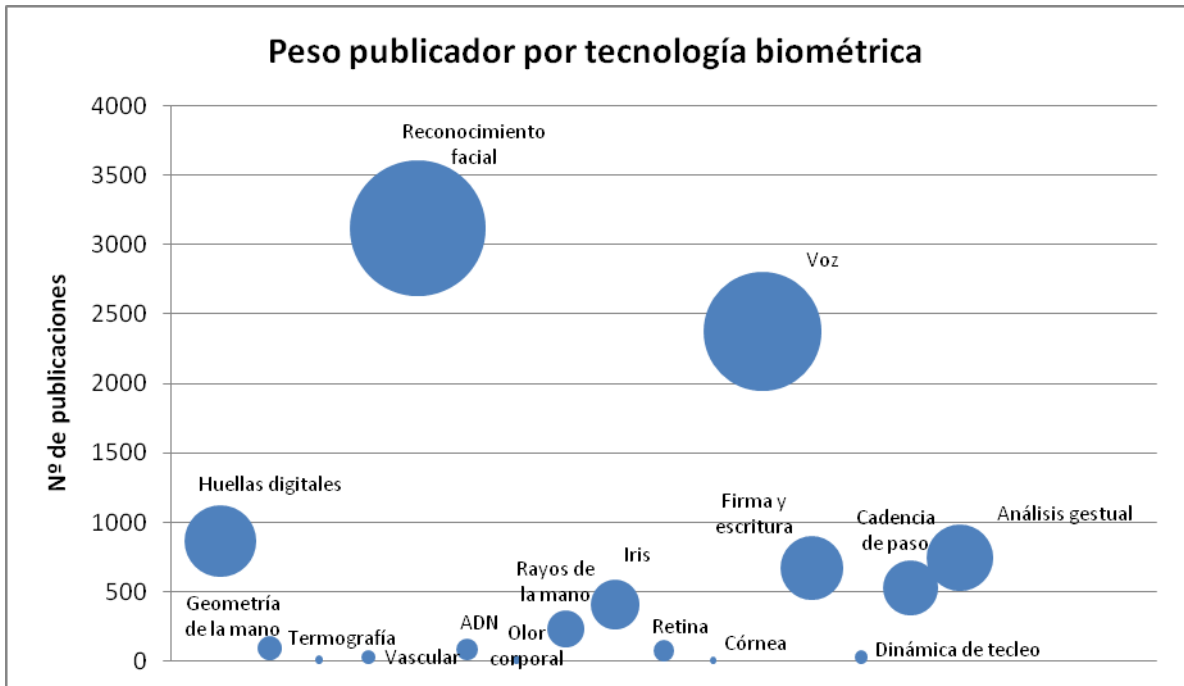


Figura 10. Peso publicador según tecnología biométrica. Fuente: elaboración propia

En primer lugar, distinguimos dos grandes subgrupos: uno relacionado con la investigación en el campo del reconocimiento facial y otro, en el de la biometría por voz. En el primero de los casos, su mayor peso puede deberse en parte a que alguna

referencia englobe aspectos individuales de reconocimiento de la cara de una persona, como el ojo, frente al análisis global de la cara. El avance investigador para este tipo de soluciones ha sido notable en los últimos años, evolucionando la

técnica desde algoritmos sencillos de reconocimiento basado en modelos geométricos hasta representaciones matemáticas muy sofisticadas y procesos de identificación-verificación complejos. En un principio, la mayoría de los sistemas desarrollados se basaban en el reconocimiento de imágenes 2D, a través del procesado de imágenes. El desarrollo de la tecnología 3D y su aplicación en este campo puede permitir resolver algunas limitaciones, como la sensibilidad frente a condiciones variables de luminosidad o de posición del individuo.

El segundo grupo predominante, el del análisis biométrico vía voz, destaca también por ser objeto de interés investigador durante estos últimos años. A priori, las soluciones biométricas a través de la voz, para funciones de seguridad y autenticación, presentan una serie de ventajas claras que han impulsado este desarrollo: coste de implantación bajo; facilidad de uso; fácil integración con la infraestructura existente; aceptación social por no invasivo; o posibilidad de autenticación remota.

Estas 2 primeras tecnologías (facial y voz) representan por referencias de términos relacionados más del 50% de las publicaciones.

Un segundo grupo por peso publicador, entre las 500 y 1.000 referencias, estaría formado por las tecnologías basadas en huella dactilar, firma escrita, y análisis gestual.

Por último, un tercer grupo englobaría a tecnologías más incipientes, con un interés investigador todavía menos significativo, como aquellas basadas en la geometría de la mano, la termografía, el olor corporal, o los análisis de retina o córnea.

A continuación, incluimos una tabla de con los resultados de publicaciones relacionadas según tipo de tecnología biométrica.

Tecnología biométrica	Nº publicaciones [2000-2010]
Reconocimiento facial	3118
Patrón de la voz	2375
Huellas digitales	867
Análisis gestual	744

Firma y escritura manuscrita	672
Cadencia de paso	530
Análisis del iris	411
Rayas de la mano	237
Geometría de la mano	94
ADN	84
Análisis de la retina	76
Reconocimiento vascular	33
Dinámica de tecleo	33
Termografía general	13
Olor corporal	11
Análisis de la córnea	9

Tabla 5. Peso publicador según tecnología biométrica.  
Fuente: elaboración propia.

#### 4.2. Evolución temporal investigadora por tecnologías biométricas

Este análisis permite conocer la evolución del interés investigador a lo largo del tiempo, en el período 2000-2010 y en función de la tecnología biométrica.

En términos generales, la tendencia es variable, aunque creciente hasta 2009 para gran parte de las tecnologías. El descenso tan acusado en cuanto a la publicación para 2010 debe tomarse con reservas, y considerarse como un defecto de actualización de la base de datos consultada a fecha de realización de este estudio. Es más relevante esta tendencia creciente de publicación entre 2002 y 2008, y visible para los campos del reconocimiento facial y vocal, con picos máximos en un año entre 350 y 450 publicaciones.

Incluimos aquí gráficas de esta evolución investigadora, comparando en la primera todas las tecnologías, y en las dos siguientes, por subgrupos de importancia.

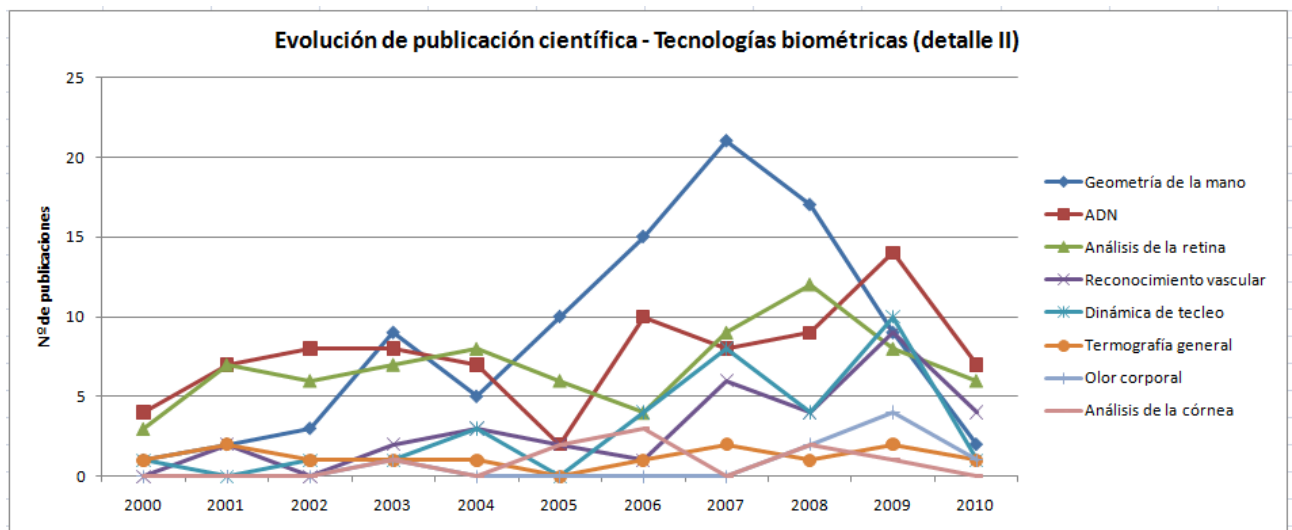
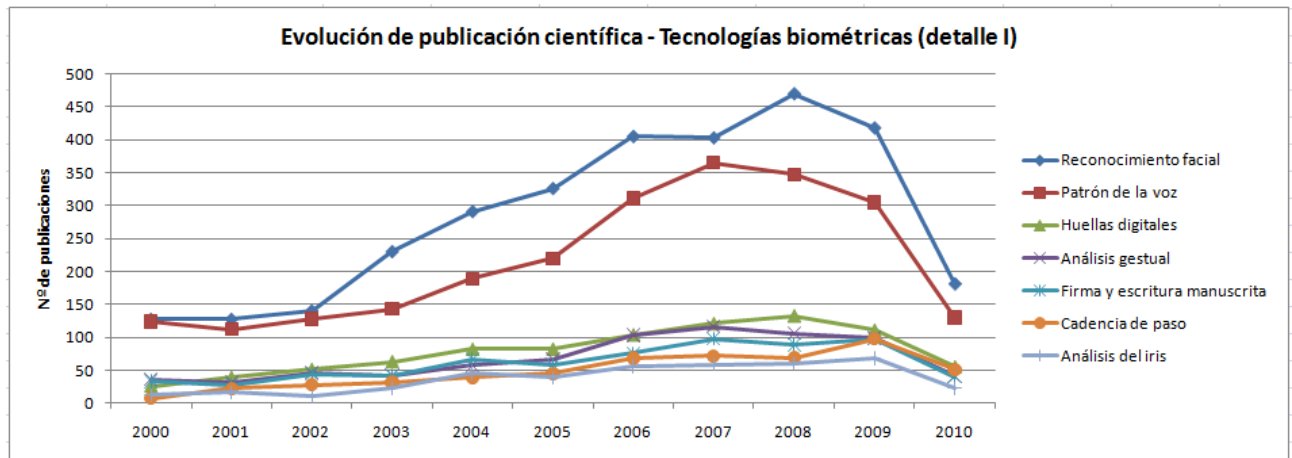
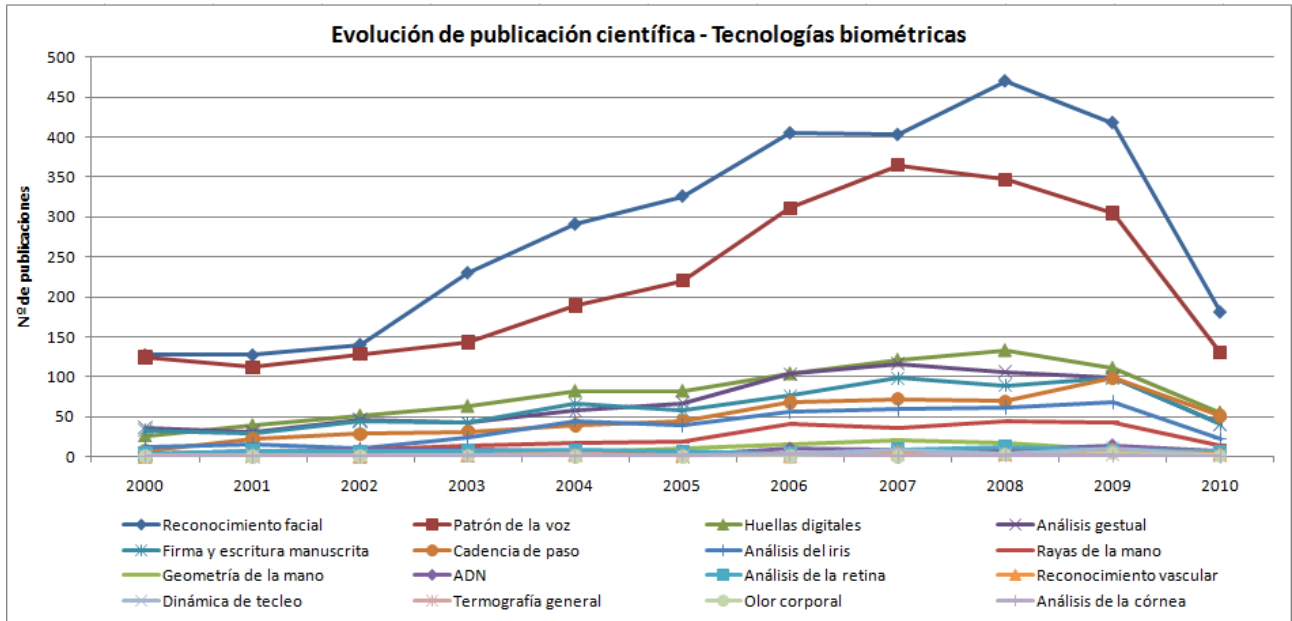












Figura 11. Evolución temporal publicadora según tecnología biométrica. Fuente: elaboración propia




### 4.3. Institución origen de la publicación

Con el fin de detectar aquellos polos investigadores más especializados y productivos según la tecnología biométrica, se ha realizado un análisis cuantitativo para cada una tomando como variable el origen del centro investigador.






Agrupamos los resultados en las siguientes tablas e incluyendo los 5 primeros centros por número de publicaciones, considerando las tecnologías con un mayor volumen de referencias.






RECONOCIMIENTO FACIAL		
Centro publicador	País	Nº publicaciones
CARNEGIE MELLON UNIV		65
CHINESE ACAD SCI		55
UNIV ILLINOIS		48
NANYANG TECHNOL UNIV		46
HONG KONG POLYTECH UNIV		43



PATRÓN DE LA VOZ		
Centro publicador	País	Nº publicaciones
CARNEGIE MELLON UNIV		41
MIT		39
IBM CORP		31
UNIV SHEFFIELD		26
KOREA ADV INST SCI & TECHNOL		24

HUELLA DIGITAL		
Centro publicador	País	Nº publicaciones
MICHIGAN STATE UNIV		26
W VIRGINIA UNIV		15
TIJUANA INST TECHNOL		13

CHINESE ACAD SCI		12
ETRI		24






ANÁLISIS GESTUAL		
Centro publicador	País	Nº publicaciones
CHINESE ACAD SCI		12
CHONNAM NATL UNIV		11
KOREA UNIV		11
UNIV GENOA		11
TECH UNIV MUNICH		10

FIRMA Y ESCRITURA MANUSCRITA		
Centro publicador	País	Nº publicaciones
SUNY BUFFALO		19
CHINESE ACAD SCI		15
UNIV BERN		14
WASEDA UNIV		14
TOTTORI UNIV		11

CADENCIA DE PASO		
Centro publicador	País	Nº publicaciones
UNIV SOUTHAMPTON		31
CHINESE ACAD SCI		20
UNIV MARYLAND		20
UNIV CALIF RIVERSIDE		17
YONSEI UNIV		16

ANÁLISIS DEL IRIS		
Centro publicador	País	Nº publicaciones
CHINESE ACAD SCI		21

SANGMYUNG UNIV		14
W VIRGINIA UNIV		11
YONSEI UNIV		11
USN ACAD		10

RAYAS DE LA MANO		
Centro publicador	País	Nº publicaciones
HONG KONG POLYTECH UNIV		55
HARBIN INST TECHNOL		22
NE NORMAL UNIV		12
NANYANG TECHNOL UNIV		11
BEIJING JIAOTONG UNIV		10

El centro *Chinese Academy of Sciences* (CAS) [6] es referencia en prácticamente todos estos campos analizados. Esta institución gubernamental en China es responsable principal del desarrollo de las áreas de investigación estratégicas para el país y órgano asesor. En el ámbito de la biometría, su papel se demuestra por centros específicos dependientes para la investigación en este campo, como el *Center for Biometrics and Security Research* (CBSR). Su foco se centra más en el avance de investigación básica en tecnologías frontera relacionadas con la biometría, aplicaciones de seguimiento y vigilancia para la seguridad, y desarrollo de estándares.

Para las dos primeras tecnologías (facial y voz), el primer centro es sin embargo la universidad privada de *Carnegie Mellon*, de Pittsburgh (EEUU). Destaca por su orientación hacia la ciencia y la tecnología, con institutos prestigiosos como el *Carnegie Institute of Technology* o el *School of Computer Science*. En concreto, es referencia el *CyLab BiometricsLab*, un grupo especializado en la identificación biométrica y con resultados en el modelado facial en 3D y la generación de patrones para un *matching* robusto y verificaciones en condiciones adversas. Su actividad incluye colaboraciones con el gobierno central y la

industria en proyectos para la seguridad y estrategias de defensa.

A nivel de concentración geográfica de centros, son mayoritarios los norteamericanos, chinos y del sudeste asiático, fundamentalmente de Corea del Sur. La presencia europea es bastante menor, con algunas universidades del Reino Unido, Italia y Alemania.

Por tipo de entidad, como es lógico, todas las principales incluidas son universitarias o centros de I+D, salvo IBM en el apartado de biometría de voz.

#### 4.4. Excelencia investigadora

Si bien la producción de publicaciones científicas es un indicador válido para reconocer el expertise de un determinado centro, esto se puede complementar con otros análisis para medir el grado de interés o excelencia que estos resultados hayan podido generar en base a las citas recibidas. Así, es posible que merezca la pena seguir antes la actividad de un determinado centro que no destaque tanto por su producción cuantitativa, sino por la calidad de sus avances de una forma más cualitativa.

De esta forma, por ejemplo, para el subgrupo de reconocimiento facial, las dos primeras entidades (*Carnegie Mellon University* y *Chinese Academy of Sciences*) tienen un ratio medio de citas por publicación de 7.75 y 9.36 respectivamente. Lo que destaca, sin embargo, es la tercera, la universidad de Illinois [8], con una tasa muy elevada de 42.44 citas. Esto nos debe alertar acerca de la necesidad de conocer con más detalle el trabajo de investigación realizado aquí y seguir su evolución a futuro.

En otros casos, como en el apartado de la tecnología de huellas digitales, la institución número uno en cuanto a la publicación también coincide con la de mayor índice de citación, como resulta en la *Michigan State University* [9].

También merece destacarse aquí el caso de *Chinese Academy of Sciences* [6]. Tal como hemos dicho, es protagonista por cantidad de publicaciones en todos los tipos de tecnologías biométricas, pero en algunos casos destaca más según este ratio de citación. Así, sus resultados son más citados en los subgrupos de cadencia de paso o análisis de iris (32 y 29 citas de media), frente a



otras tecnologías (1,47 para la firma y escritura manuscrita). Este tipo de comparativas nos centran aún más la excelencia investigadora de los centros según una determinada variable, en este caso, los tipos de tecnologías biométricas.

#### 4.5. Listados de publicaciones según tecnología biométrica

En este último subapartado, se incluyen listados de las 10 publicaciones más citadas por tipo de biometría y para aquellas con un volumen suficiente.

### Reconocimiento facial

Autor	Título	Fuente	Año de publicación	Nº de citas
Phillips PJ, Moon H, Rizvi SA, et al.	The FERET evaluation methodology for face-recognition algorithms	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2000	1000
Zhao W, Chellappa R, Phillips PJ, et al.	Face recognition: A literature survey	ACM COMPUTING SURVEYS	2003	971
Yang MH, Kriegman DJ, Ahuja N	Detecting faces in images: A survey	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2002	884
Georghiades AS, Belhumeur PN, Kriegman DJ	From few to many: Illumination cone models for face recognition under variable lighting and pose	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2001	583
Martinez AM, Kak AC	PCA versus LDA	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2001	477
Hsu RL, Abdel-Mottaleb M, Jain AK	Face detection in color images	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2002	465
Hjelmas E, Low BK	Face detection: A survey	COMPUTER VISION AND IMAGE UNDERSTANDING	2001	311
Fasel B, Luetttin J	Automatic facial expression analysis: a survey	PATTERN RECOGNITION	2003	234
Tian YI, Kanade T, Cohn JF	Recognizing action units for facial expression analysis	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2001	229
Pantic M, Rothkrantz LJM	Toward an affect-sensitive multimodal human-computer interaction	PROCEEDINGS OF THE IEEE	2003	155

### Patrón de la voz

Autor	Título	Fuente	Año de publicación	Nº de citas
Hickok G, Poeppel D.	Towards a functional neuroanatomy of speech perception	TRENDS IN COGNITIVE SCIENCES	2000	324

Cooke M, Green P, Josifovski L, et al..	Robust automatic speech recognition with missing and unreliable acoustic data	SPEECH COMMUNICATION	2001	183
Belin P, Fecteau S, Bedard C	Thinking the voice: neural correlates of voice perception	TRENDS IN COGNITIVE SCIENCES	2004	107
Breazeal C	Emotion and sociable humanoid robots	INTERNATIONAL JOURNAL OF HUMAN-COMPUTER STUDIES	2003	104
Potamianos G, Neti C, Gravier G, et al.	Recent advances in the automatic recognition of audiovisual speech	PROCEEDINGS OF THE IEEE	2003	99
Stolcke A, Ries K, Coccaro N, et al.	Dialogue act modeling for automatic tagging and recognition of conversational speech	COMPUTATIONAL LINGUISTICS	2000	89
Lee CM, Narayanan SS	Toward detecting emotions in spoken dialogs	IEEE TRANSACTIONS ON SPEECH AND AUDIO PROCESSING	2005	79
Nwe TL, Foo SW, De Silva LC	Speech emotion recognition using hidden Markov models	SPEECH COMMUNICATION	2003	70
Glass JR	A probabilistic framework for segment-based speech recognition	COMPUTER SPEECH AND LANGUAGE	2003	69
Cooke M	A glimpsing model of speech perception in noise	JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA	2006	60

### *Firma y escritura manuscrita*

Autor	Título	Fuente	Año de publicación	Nº de citas
Plamondon R, Srihari SN	On-line and off-line handwriting recognition: A comprehensive survey	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2000	438
Shoup V	Practical threshold signatures	ADVANCES IN CRYPTOLOGY - EUROCRYPT 2000	2000	128
Jain AK, Griess FD, Connell SD	On-line signature verification	PATTERN RECOGNITION	2002	103
Marti UV, Bunke H	Using a statistical language model to improve the performance of an HMM-based cursive handwriting recognition system	INTERNATIONAL JOURNAL OF PATTERN RECOGNITION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE	2001	92
Arica N, Yarman-Vural FT	An overview of character recognition focused on off-line handwriting	IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS PART C-APPLICATIONS AND REVIEWS	2001	63
Kholmatov A, Yanikoglu B	Identity authentication using improved online signature verification method	PATTERN RECOGNITION LETTERS	2005	44
Fang B, Leung CH, Tang YY, et al.	Off-line signature verification by the tracking of feature and stroke positions	PATTERN RECOGNITION	2003	38
Zois EN, Anastassopoulos V	Morphological waveform coding for writer identification	PATTERN RECOGNITION	2000	35
Mi L, Takeda F	Analysis on the robustness of the pressure-based individual identification system based on neural networks	INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIVE COMPUTING INFORMATION AND CONTROL	2007	34

Bulacu M, Schomaker L	Text-independent writer identification and verification using textural and allographic features	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2007	22
-----------------------	---	--	------	----

## Huellas digitales

Autor	Título	Fuente	Año de publicación	Nº de citas
Ross A, Jain A	Information fusion in biometrics	PATTERN RECOGNITION LETTERS	2003	271
Uludag U, Pankanti S, Prabhakar S, et al.	Biometric cryptosystems: Issues and challenges	PROCEEDINGS OF THE IEEE	2004	152
Pankanti S, Prabhakar S, Jain AK	On the individuality of fingerprints	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2006	119
Jain AK, Ross A, Pankanti S	Biometrics: A tool for information security	IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION FORENSICS AND SECURITY	2006	103
Kovacs-Vajna ZM	A fingerprint verification system based on triangular matching and dynamic time warping	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2000	88
Matsumoto T, Matsumoto H, Yamada K, et al.	Impact of artificial "Gummy" fingers on fingerprint systems	OPTICAL SECURITY AND COUNTERFEIT DETERRENCE TECHNIQUES IV	2002	86
Duta N, Jain AK, Mardia KV	Matching of palmprints	PATTERN RECOGNITION LETTERS	2002	86
Frischholz RW, Dieckmann U	BioID: A multimodal biometric identification system	COMPUTER	2000	67
Zhang L, Zhang D	Characterization of palmprints by wavelet signatures via directional context modeling	IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS PART B-CYBERNETICS	2004	59
Samuelsson J, Dalevi D, Levander F, et al.	Modular, scriptable and automated analysis tools for high-throughput peptide mass fingerprinting	BIOINFORMATICS	2004	45
Ito K, Nakajima H, Kobayashi K, et al.	A fingerprint matching algorithm using phase-only correlation	IEICE TRANSACTIONS ON FUNDAMENTALS OF ELECTRONICS COMMUNICATIONS AND COMPUTER SCIENCES	2004	44

## Análisis gestual

Autor	Título	Fuente	Año de publicación	Nº de citas
Pantic M, Rothkrantz LJM	Automatic analysis of facial expressions: The state of the art	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2000	339
Pentland A	Looking at people: Sensing for ubiquitous and wearable computing	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS	2000	148

		AND MACHINE INTELLIGENCE		
Vogler C, Metaxas D	A framework for recognizing the simultaneous aspects of American sign language	COMPUTER VISION AND IMAGE UNDERSTANDING	2001	75
Bradski GR, Davis JW	Motion segmentation and pose recognition with motion history gradients	MACHINE VISION AND APPLICATIONS	2002	61
Kakumanu P, Makrogiannis S, Bourbakis N	A survey of skin-color modeling and detection methods	PATTERN RECOGNITION	2007	49
Mitra S, Acharya T	Gesture recognition: A survey	IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS PART C-APPLICATIONS AND REVIEWS	2007	43
Triesch J, von der Malsburg C	A system for person-independent hand posture recognition against complex backgrounds	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2001	46
Waldherr S, Romero R, Thrun S	A gesture based interface for human-robot interaction	AUTONOMOUS ROBOTS	2000	47
Jaimes A, Sebe N	Multimodal human-computer interaction: A survey	COMPUTER VISION AND IMAGE UNDERSTANDING	2007	36
Geng X, Zhou ZH, Smith-Miles K	Automatic age estimation based on facial aging patterns	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2007	31

### Cadencia de paso

Autor	Título	Fuente	Año de publicación	Nº de citas
Hu WM, Tan TN, Wang L, et al.	A survey on visual surveillance of object motion and behaviors	IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS PART C-APPLICATIONS AND REVIEWS	2004	321
Wang L, Tan T, Ning HZ, et al	Silhouette analysis-based gait recognition for human identification	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2003	173
Sarkar S, Phillips PJ, Liu ZY, et al.	The HumanID gait challenge problem: Data sets, performance, and analysis	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2005	172
Tao DC, Li XL, Wu XD, et al.	General tensor discriminant analysis and Gabor features for gait recognition	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2007	158
Bauby CE, Kuo AD	Active control of lateral balance in human walking	JOURNAL OF BIOMECHANICS	2000	133
Kale A, Sundaresan A, Rajagopalan AN, et al.	Identification of humans using gait	IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING	2004	115
Han J, Bhanu B	Individual recognition using Gait Energy Image	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2006	80
Cunado D, Nixon MS, Carter JN	Automatic extraction and description of	COMPUTER VISION	2003	81

	human gait models for recognition purposes	AND IMAGE UNDERSTANDING		
Li XL, Lin S, Yan SC, et al.	Discriminant locally linear embedding with high-order tensor data	IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS PART B-CYBERNETICS	2008	65
Wang L, Ning HZ, Tan TN, et al.	Fusion of static and dynamic body biometrics for gait recognition	IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY	2004	53

### *Análisis del iris*

Autor	Título	Fuente	Año de publicación	Nº de citas
Daugman J	How iris recognition works	IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY	2004	366
Ma L, Tan T, Wang YH, et al.	Personal identification based on iris texture analysis	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2003	234
Ma L, Tan TN, Wang YH, et al.	Efficient iris recognition by characterizing key local variations	IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING	2004	189
Daugman J	The importance of being random: statistical principles of iris recognition	PATTERN RECOGNITION	2003	187
Jain AK, Ross A, Pankanti S	Biometrics: A tool for information security	IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION FORENSICS AND SECURITY	2006	103
Daugman J	Statistical richness of visual phase information: Update on recognizing persons by iris patterns	INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER VISION	2001	101
Lim S, Lee K, Byeon O, et al.	Efficient iris recognition through improvement of feature vector and classifier	ETRI JOURNAL	2001	93
Ma L, Tan TM, Wang YH, et al.	Local intensity variation analysis for iris recognition	PATTERN RECOGNITION	2004	75
Abate AF, Nappi M, Riccio D, et al.	2D and 3D face recognition: A survey	PATTERN RECOGNITION LETTERS	2007	47
Monro DM, Rakshit S, Zhang DX	DCT-based iris recognition	IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE	2007	42

## 5 Análisis por publicaciones científicas en España

En este último apartado, se ha realizado un análisis bibliométrico específico de la producción científica en el ámbito nacional relacionado con la biometría para el mismo período 2000 – 2010.

### 5.1 Evolución temporal investigadora

La producción científica en este campo ha mantenido una tendencia creciente desde el 2000

hasta el 2007, donde aproximadamente el registro se mantiene. El período 2004 – 2007 es el que demuestra unos incrementos interanuales más grandes en esta producción, tal como se aprecia por las pendientes de la Figura 12. El número total de publicaciones científicas analizadas con origen en España ha sido de 277 registros, y los años de mayor producción, 2007 y 2009, con 46 y 45 publicaciones respectivamente.

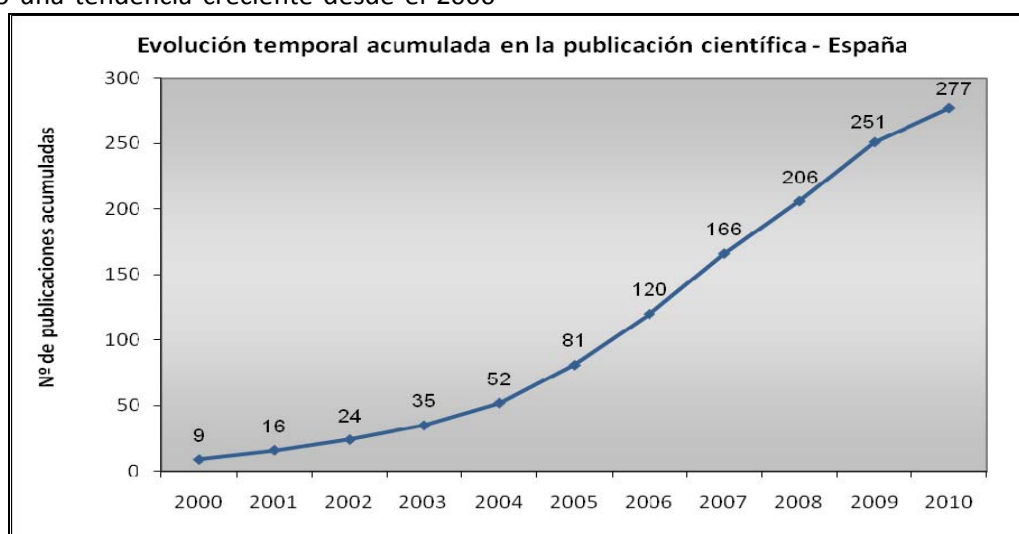


Figura 12. Evolución temporal acumulada en la publicación científica en España. Fuente: elaboración propia

### 5.2 Instituciones

En la siguiente tabla, se han incluido los principales centros de investigación origen de las publicaciones científicas en España.

UNIV GRANADA	10
UNIV VIGO	9

Tabla 6. Principales instituciones nacionales publicadoras. Fuente: elaboración propia.

Centro publicador	Nº publicaciones
UNIV POLITÉCNICA DE CATALUÑA	45
UNIV POLITÉCNICA DE MADRID	25
UNIV CARLOS III DE MADRID	21
UNIV AUTÓNOMA DE MADRID	17
UNIV LAS PALMAS GRAN CANARIA	16
UNIV ZARAGOZA	13
UNIV POLITÉCNICA DE VALENCIA	12
UNIV REY JUAN CARLOS	12

Se comprueba una posición muy destacada de la Universidad Politécnica de Cataluña, con un más de un 15%. Aquí destaca el Centro de Tecnologías y Aplicaciones del Lenguaje y del Habla (TALP) [10], especializado en el procesamiento de voz y con líneas de investigación abiertas aplicadas a la biometría. Procedente de la Escuela Universitaria Politécnica de Mataró, también destacan resultados en diferentes tecnologías biométricas (firma manuscrita, geometría de la mano o reconocimiento facial).

Tras esta universidad, los principales centros son las universidades madrileñas: la Politécnica de Madrid, Carlos III y la Autónoma, por este orden.

### 5.3 Excelencia investigadora por centros

Se ha comparado también el impacto que ha despertado la producción científica de los principales centros (relacionados en el anterior apartado) en función del nivel medio de citas que reciben estas publicaciones.

Este análisis destaca por encima del resto a la Universidad Politécnica de Madrid, con una tasa de casi 8 citas por publicación.

Del mismo modo, la UPC no mantiene un nivel parejo producción científica – calidad según este indicador, con un ratio inferior a 2 citas. Universidades como la UAM, la de Zaragoza o la universidad Carlos III de Madrid mantienen un buen nivel en cuanto a publicación científica cuantitativa e impacto por citas recibidas.

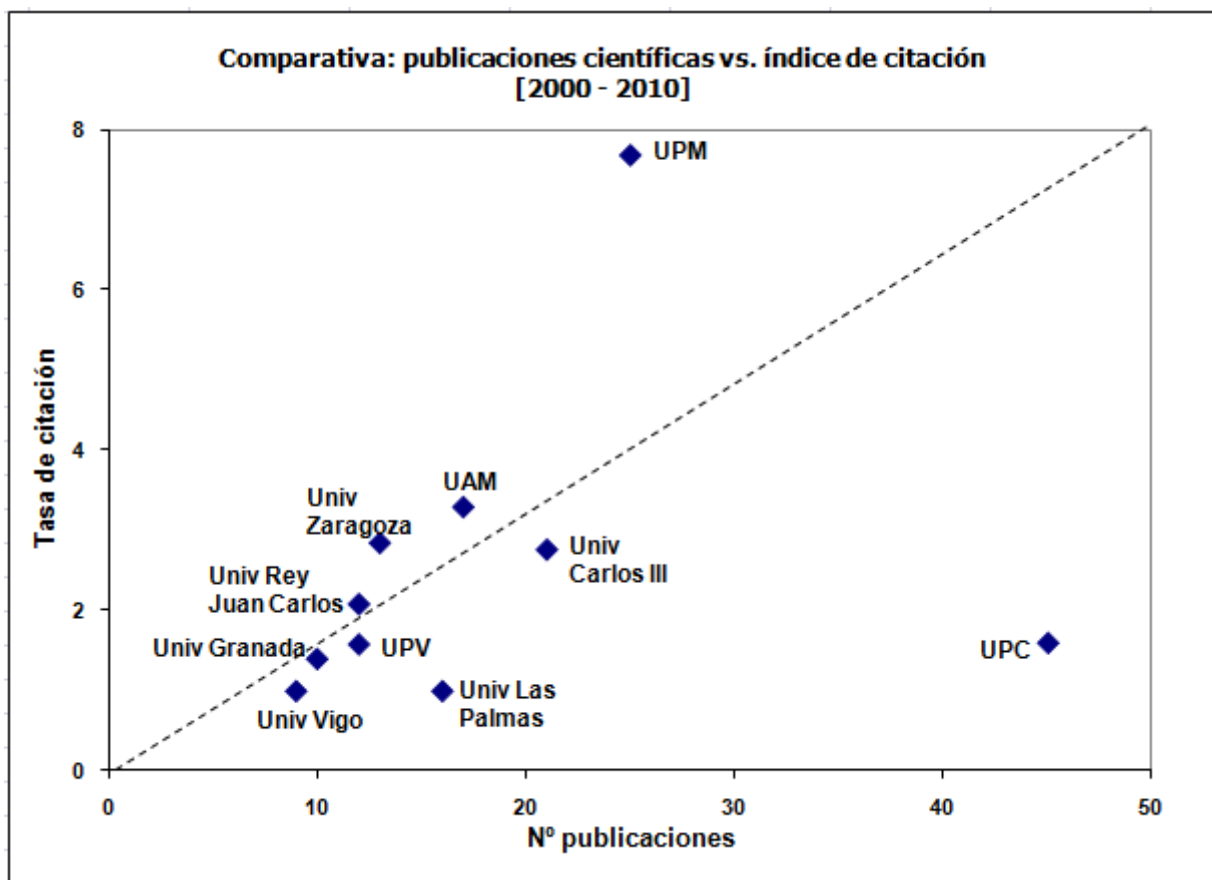


Figura 13. Comparativa producción científica vs. índice de citación. Fuente: elaboración propia

### 5.4 Origen regional de la publicación científica

Es posible realizar un análisis de origen publicador por comunidades autónomas, teniendo en cuenta el origen de los centros de investigación, para detectar polos regionales con mayor concentración investigadora en este ámbito.

Según la Figura 14, la Comunidad de Madrid y Cataluña aportan más del 50% de las publicaciones científicas analizadas, seguidas de la Comunidad Valenciana y Valencia. Es destacable en este sentido la posición de las Islas Canarias, con 16 publicaciones, todas ellas con origen en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

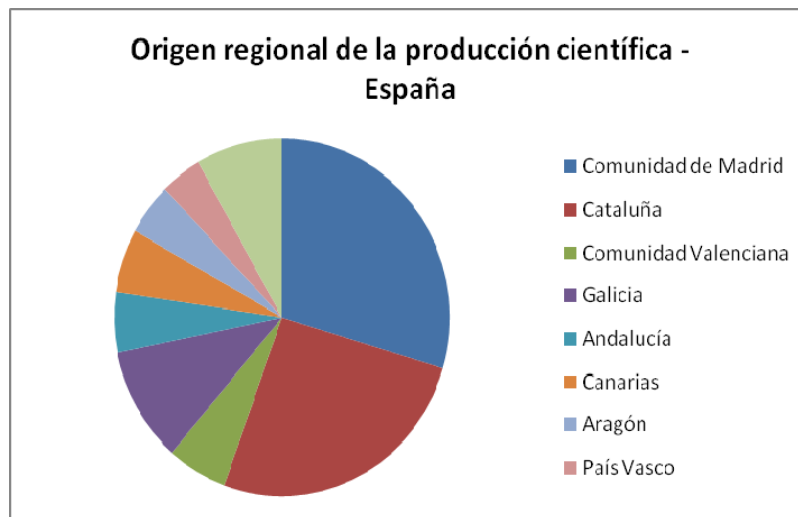


Figura 14. Origen regional de la producción científica en España. Fuente: elaboración propia

origen nacional. Como columna adicional, se referencia el centro origen de la publicación.

## 5.5 Listado de publicaciones científicas

Por último, se incluye un listado de las 10 publicaciones más citadas en este subgrupo de

Autor	Título	Centro de origen	Fuente	Año de publicación	Nº de citas
Sanchez-Avila C, Sanchez-Reillo R	Two different approaches for iris recognition using Gabor filters and multiscale zero-crossing representation	UPM, Univ Carlos III de Madrid	PATTERN RECOGNITION	2005	35
Ortega-Garcia J, Bigun J, Reynolds D, et al	Authentication gets personal with biometrics	UPM	IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE	2004	32
Lleida E, Rose RC	Utterance verification in continuous speech recognition: Decoding and training procedures	Univ Zaragoza	IEEE TRANSACTIONS ON SPEECH AND AUDIO PROCESSING	2000	26
Ortega-Garcia J, Gonzalez-Rodriguez J, Marrero-Aguar V	AHUMADA: A large speech corpus in Spanish for speaker characterization and identification	UPM, UNED	SPEECH COMMUNICATION	2000	25
Bimbot F, Bonastre JF, Fredouille C, et al.	A tutorial on text-independent speaker verification	UPM	EURASIP JOURNAL ON APPLIED SIGNAL PROCESSING	2004	23
Serratos F, Alquezar R, Sanfeliu A	Function-described graphs for modelling objects represented by sets of attributed graphs	UPC, Univ Rovira & Virgili	PATTERN RECOGNITION	2003	20
Fierrez-Aguilar J, Ortega-Garcia J, Gonzalez-Rodriguez J, et al.	Kernel-based multimodal biometric verification using quality signals	UPM	BIOMETRIC TECHNOLOGY FOR HUMAN IDENTIFICATION	2004	18
Simon-Zorita D, Ortega-Garcia J, Fierrez-Aguilar J, et al.	Image quality and position variability assessment in minutiae-based fingerprint verification	UPM	IEE PROCEEDINGS-VISION IMAGE AND SIGNAL PROCESSING	2003	16



Alonso-Fernandez F, Fierrez J, Ortega-Garcia J, et al.	A comparative study of fingerprint image-quality estimation methods	UAM	IEEE TRANSACTIONS ON INFORMATION FORENSICS AND SECURITY	2007	14
Toledano DT, Pozo RF, Trapote AH, et al.	Usability evaluation of multi-modal biometric verification systems	UAM, UPM	INTERACTING WITH COMPUTERS	2006	11

Tabla 7. Publicaciones científicas más relevantes por número de citas - España. Fuente: elaboración propia

## Referencias

- [1] ISI Web of Knowledge: <http://science.thomsonreuters.com/es/productos/wok/>
- [2] ICAO: <http://www.icao.int>
- [3] Berg Insight: <http://www.berginsight.com>
- [4] IBG: <http://www.biometricgroup.com>
- [5] ISO: <http://www.iso.org>
- [6] Chinese Academy of Sciences: <http://english.cas.cn/>
- [7] Universidad Carnegie Mellon: <http://www.cmu.edu/>
- [8] Universidad de Illinois: <http://illinois.edu/>
- [9] Universidad de Michigan State: <http://www.msu.edu/>
- [10] Centro de Tecnologías y Aplicaciones del Lenguaje y del Habla (TALP): <http://www.talp.upc.edu>