

# Revista de



# TECNOLÓGICO

RIDTEC | Vol. 9, N.º 1, Enero-junio 2013

ISSN 1680-8894

Edición Semestral

Publicación Regional

Publicación y directorio  
en catálogo

**latindex**

[www.latindex.unam.mx](http://www.latindex.unam.mx)



**EDITORIAL**  
TECNOLÓGICA

**Director del Comité Editorial**

**Dr. Humberto Rodríguez**

Dirección de Investigación  
Universidad Tecnológica de Panamá

**Comité Editorial**

**Dr. Humberto Álvarez**

Director Encargado  
Centro de Investigaciones e Innovación Eléctrica, Mecánica  
y de la Industria (CINEMI)  
Universidad Tecnológica de Panamá

**Dr. Wedleys Tejedor**

Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales  
Universidad Tecnológica de Panamá

**Dr. César Peña**

Facultad de Ingenierías y Arquitectura  
Grupo de Investigación de Automatización y Control  
Universidad de Pamplona (Colombia)

**Dr. Rafael Gamero**

Facultad de Ingeniería  
Programa de Investigación en Ingeniería de Procesos y Ambiental  
Universidad Nacional de Ingeniería (Nicaragua)

**Dr. Jaime Estrella**

Dirección de Investigación y Desarrollo (I+D)  
Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología

**Ing. Eli Faskha**

Miembro del Consejo Nacional de la Empresa Privada (CoNEP)  
y de la Junta Directiva de la Cámara Panameña de Tecnología  
y Comunicaciones

**Suplentes**

**Dr. Carlos Medina**

Facultad de Ingeniería Eléctrica  
Universidad Tecnológica de Panamá

**Dr. Ramfis Miguelena**

Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales  
Universidad Tecnológica de Panamá

**Lic. José Javier Rivera**

Miembro de Consejo Nacional de la Empresa Privada (CoNEP)



**Ing. Libia Batista**  
Directora

**Licda. Sandra Siebert**  
**Sr. Armando Pinillo**  
Mercadeo y Ventas

Diseño gráfico y diagramación:  
**Editorial Universitaria**

Idea y diseño original de la portada:  
**Licdo. Rafael Saturno**

Corrección de estilo  
**Licda. Liseth Lezcano**  
**Licda. Edith Espino**

Coordinación y logística:  
**Ing. Eduardo Caballero**  
Dirección de Investigación, UTP.

Escribir en I+D Tecnológico:  
<http://utp.ac.pa/publicaciones-digitales-de-la-revista-de-id-tecnologico>

Plataforma para la Recepción de Artículos  
<http://www.redinvestigadores.utp.ac.pa/revistaI+D/openconf/openconf.php>

© Derechos reservados, UTP, 2013.

Impreso en Panamá  
Imprenta de la Universidad Tecnológica de Panamá  
Tiraje: 300 ejemplares.

## Contenido

5

**Restricción del Río Caimito para uso recreativo según el índice de calidad de agua 2004**

Nelson Barranco Pilides

10

**Propuesta de metodología Lean Seis Sigma en empresas PyMEs:**

**un enfoque participativo con la academia**

Edgar Alejandro Barbosa Saucedo | Santos Gracia Villar | Luis Alonso Dzul López

21

**Evaluación del envasado activo del melocotón pelado y cortado (IV Gama)**

Pablo Montero-Prado | Cristina Nerín

28

**Implementación y análisis de un detector de manos basado en visión artificial**

Lucía Cheung | Carlos A. Medina C.

43

**Aceptación y apreciación de hongos comestibles *Pleurotus djamor***

**por expertos de cocina internacional**

**y su perspectiva de comercialización en restaurantes de hoteles en Panamá, año 2010**

Marta Álvarez | Aracellys Vega Ríos

Revista indexada en:



[www.latindex.unam.mx](http://www.latindex.unam.mx)



**Universidad Tecnológica de Panamá**

**AUTORIDADES**

**Dr. Oscar M. Ramírez R.**

Rector

**Dr. Omar O. Aizpurúa P.**

Vicerrector Académico

**Dr. Gilberto A. Chang C.**

Vicerrector de Investigación, Postgrado y Extensión

**Ing. Esmeralda Hernández P.**

Vicerrectora Administrativa

**Ing. Luis A. Barahona G.**

Secretario General

**Ing. Rubén D. Espitia P.**

Coordinador General de los Centros Regionales

# Presentación

Con sumo orgullo hacemos entrega a la comunidad científica de la primera edición del año 2013 de la *Revista de I+D Tecnológico*, a través de la cual compartimos la buena noticia de que a partir del mes de marzo de este año nuestra revista formará parte del catálogo de Latindex, al cumplir con los criterios de calidad editorial de este sistema regional de información en línea.

La *Revista de I+D Tecnológico* se convierte así no sólo en la primera revista científica indexada de la Universidad Tecnológica de Panamá, sino también en la primera del país en el campo de la ingeniería. Este logro es gracias al esfuerzo del equipo de gestión y edición de esta revista, al impulso de las autoridades universitarias y sobre todo, al apoyo de los investigadores de la UTP, quienes nos han confiado la divulgación de sus artículos científicos.

Por otra parte, en este número de la *Revista de I+ D Tecnológico* se han incluido trabajos de las áreas de Medio ambiente, Administración de empresas, Diseño de estructuras, Ciencia de los alimentos y de las TIC's.

Resalta en esta edición el estudio realizado por el Dr. Nelson Barranco Pilides, sobre el grado de contaminación que registra el río Caimitillo, el cual constituye la principal fuente de abastecimiento de agua para los distritos de Arraiján, La Chorrera y Capira. En este trabajo se determinó el índice de calidad del agua a todo lo largo de dicho río, tanto en temporada lluviosa como seca, lo cual arrojó importantes hallazgos.

Otro trabajo relevante en este número, dado el potencial que tienen sus aportes para mejorar la competitividad

de las PyMEs en la región, es el del Doctorando Edgar A. Barbosa. En dicho artículo se presenta un estudio realizado en 4 PyMEs del Estado mexicano de Tamaulipas, en las que se adaptó la metodologías Lean y Seis Sigmas.

La utilización del concepto de envases activos para la extensión de la vida útil del melocotón, es el tema que nos presenta el Dr. Pablo Montero. En este estudio se ha demostrado que es posible lograr una disminución de la variación de color debido a la oxidación de los frutos de 5.5 a 8 puntos, según el tipo de envase activo utilizado, lo cual demuestra la utilidad de esta tecnología como medio para aumentar la rentabilidad y aprovechamiento de los frutos que no son aptos para ser mercadeados directamente en su formato natural.

Por último, la Ing. Lucía Cheung nos presenta un artículo que documenta el desarrollo y análisis de un detector de manos en imágenes utilizando clasificadores en cascada con "boosting", junto con descriptores basados en gradientes.

Con esta interesante selección de trabajos, le extendemos una invitación a los investigadores de la región, de todas las áreas de la Ciencia y la Tecnología, a publicar en esta su revista de I+D.

DR. OSCAR M. RAMÍREZ R.  
*Rector*

*Universidad Tecnológica de Panamá*

Marzo de 2013

# Restricción del Río Caimito para uso recreativo según el índice de calidad de agua 2004

---

**Dr.rer.nat. Nelson Barranco Pilides**

Laboratorio de Análisis Industrial y Ciencias Ambientales,  
Centro Experimental de Ingeniería,  
Universidad Tecnológica de Panamá  
nelson.barranco@utp.ac.pa

**Resumen**— Debido al crecimiento vertiginoso de las áreas suburbanas por falta de planificación y desconocimiento de la población y su interrelación con el medio ambiente, se contaminan nuestras fuentes de agua potable.

El Río Caimito, ubicado en Panamá Oeste es la principal fuente de abastecimiento de agua para los distritos de Arraiján, La Chorrera y Capira. Debido a su cercanía a la Capital de la República, lo cual ha generado un crecimiento poblacional acelerado, y afectación al entorno ambiental. El motivo de nuestro estudio, fue poder determinar su grado de contaminación.

El personal del Laboratorio de Química del Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá monitoreó las aguas del río Caimito, desde su nacimiento a su desembocadura, en época de lluvias y de secas; se analizaron los parámetros requeridos para calcular el índice de calidad de agua (ICA), el cual es un Indicador del grado de contaminación del Acuífero. Según el ICA calculado para cada punto muestreado, el rango fue de 57 %, para el punto Aguacate, cercano a la desembocadura, poco contaminado; a 89 % en La Valdeza, cerca del nacimiento siendo la calidad del agua en este punto, aceptable.

Se encontró que la calidad del agua del río en promedio está un poco contaminada y su uso debe ser restringido para ciertas actividades como la natación o aquellos deportes que tengan contacto directo con el agua.

**Palabras claves**— Agua contaminada, contacto directo, fuentes de agua, Índice de Calidad de Agua, Río Caimito La Chorrera, uso restringido.

**Abstract**— The rapid growth of suburban areas due to the lack of planning and environmental awareness in the population will pollute our drinking water sources.

The Caimito River, located in the western part of the Panama Province, is the main source of water supply for the districts of Arraiján, La Chorrera and Capira. The proximity of this river to Panama City, is the main reason for this study, with the goal to determine the extent of pollution in this water body.

The chemistry laboratory at the Technological University of Panama, has been monitoring the Caimito River in all its main stream, and had analyzed the water samples, with different parameters required for calculating the Water Quality Index. This Index is an indicator of the degree of contamination this aquifer.

According to the ICA calculated for each sampled point, the range is 57 % in Aguacate near the mouth, little contaminated; to 89 % in the Valdeza, near the birth being the quality of the water at this point, acceptable.

It has been found that the quality of the River water is slightly contaminated, thus its use should be restricted for certain activities like swimming or those sports that imply direct contact with the water.

**Keywords**— *Contaminated water, direct contact, water sources,, Water Quality Index, La Chorrera, Caimito River, restricted use.*

**Tipo de artículo:** *original*

**Fecha de recepción:** *15 de agosto de 2012*

**Fecha de aceptación:** *5 de febrero de 2013*

## 1. Introducción

En los países en vías de desarrollo como Panamá, debido a la falta de planificación, presupuesto, y empleo de prácticas irresponsables, los acuíferos se han contaminado seriamente y se continúan contaminando los suministros disponibles de agua como: ríos, lagos, quebradas y acuíferos subterráneos, provocando muchas veces una escasez de agua potable.

El desarrollo de las áreas urbanas, sin la debida planificación, trae consigo una serie de problemas relacionados con el deterioro del ambiente como contaminación del agua, eliminación de bosques, y extinción de especies. Los problemas de contaminación del agua son críticos y muchas veces urgentes. El público no tiene conocimiento del estado de la contaminación ambiental debido a la falta de sistemas de vigilancia, y evaluación del deterioro del medio ambiente y medios de información al público.

El Río Caimito es la fuente principal de abastecimiento de agua para los distritos de La Chorrera, Capira y Arraiján. Estos distritos mostraron un gran crecimiento en la última década, según los datos del Censo de 2000. El distrito de Arraiján es el que ha mostrado mayor crecimiento poblacional del 211 % [1].

Debido a este crecimiento poblacional tan acelerado, hemos realizado estudios de medición y control del impacto de algunos de estos tipos de contaminación en la Cuenca del Río Caimito.

El crecimiento en esta área ha sido aun mayor por su cercanía a la Ciudad de Panamá. Esta área se ha convertido en uno de los mayores abastecedores de productos agroindustriales, lo que ha motivado

este tipo de explotación, el cual está relacionado directamente con la contaminación del Río Caimito. Estudios o registros del grado de contaminación de éste Acuífero, anteriores al 2003, no han sido encontrados.

El Laboratorio de Química del Centro Experimental de Ingeniería, ha efectuado la toma de muestras de agua periódicamente en esta cuenca, tanto en época seca como lluviosa, lo que nos ha servido, para hacer una evaluación real y caracterización de la situación actual del río Caimito.

El objetivo de nuestro estudio fue monitorear la cuenca del Río Caimito, determinando su grado de contaminación, según el Índice de calidad de agua [3]. Los resultados de este estudio, demuestran que el río es actualmente inadecuado para uso recreacional con contacto directo, y solamente es apto para uso agrícola e industrial.

## 2. Metodología

El área estudiada de 453 km<sup>2</sup> y 82 km de largo corresponde a la cuenca hidrográfica del Río Caimito No. 140, que se localiza en el sector oeste de la Provincia de Panamá, específicamente en los distritos de Capira, La Chorrera y Arraiján [4].

Los sitios de muestreo fueron seleccionados considerando los posibles niveles de contaminación, desde el más bajo, en las cercanías al nacimiento del río, hasta el de mayor contaminación en las cercanías a su desembocadura. También se tomó en cuenta la accesibilidad al área de muestreo.

Los puntos de muestreo están ubicados a lo largo del recorrido del río, desde el nacimiento en el cerro de la Trinidad, el lugar accesible, la Valdeza el primer punto, después le sigue mas abajo Santa Rita, Potrero Grande, San Nicolás, Punto antes de la toma de agua del IDAAN, acueducto de agua potable que surte al Municipio de La Chorrera, después río abajo, puente del Río Caimito Autopista, y por último Aguacate, antes de la desembocadura en el Puerto Caimito, Costa Pacífica. La toma de muestras se realizó en la época de lluvias y en la estación seca.

Estas muestras fueron recolectadas por el personal del Laboratorio de Análisis industrial y Ciencias ambientales (LABAICA) del Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá, siguiendo el procedimiento de muestreo, preservación y manipulación de muestras, del Estándar Método [2].

Igualmente los parámetros analizados fueron con el método estándar de de la Norma de Análisis APHA-AWWA-WEF-2005 [2], que incluye el procedimiento

para realizar todos los parámetros requeridos para poder calcular el Índice de Calidad del Agua (ICA) [3],[4]. También se organizaron reuniones con los productores avícolas, porcinos y promotores residenciales, del área, a fin de plantearles soluciones a los problemas de contaminación por ellos generados, al verter desechos líquidos, producto de su actividad, a las aguas del río, con poco o ningún tipo de tratamiento.

### 3. Resultados

**Tabla 1. Resultados de los análisis del monitoreo en el Río Caimito.**

Parámetros	Sitios de Muestreo Fecha 23-04-2003		
	Valdeza	Santa Rita	Potrero Grande
1. pH	7.80	7.60	7.10
2. Temperatura °C	27.0	26.7	27.3
3. SDT (mg/L)	70.0	76.0	70.0
4. Turbiedad (NTU)	5.34	19.00	2.44
5. OD (mg/L)	6.30	6.20	5.60
6. DBO <sub>5</sub> (mg/L)	----	<1	1.00
7. NO <sub>3</sub> (mg/L) DBO <sub>3</sub>	<0.01	0.69	1.29
8. PT (mg/L)	0.03	0.02	0.05
9. Conductividad (umho/cm)	150.00	120.00	150.00
10. Coliformes Totales (NMP)	----	27.2x10 <sup>4</sup>	43.5x10 <sup>4</sup>
Índice de Calidad de Agua (ICA)	89	69	62

**Tabla 2. Resultados de los análisis del monitoreo en el Río Caimito.**

Parámetros	Sitios de Muestreo Fecha 23-04-2003		
	San Nicolás	Auto Pista	Aguacate
1. pH	7.2	7.3	6.5
2. Temperatura °C	27.7	28.6	27.7
3. SDT (mg/L)	70.00	100.00	120.00
4. Turbiedad (NTU)	1.72	6.92	6.68
5. OD (mg/L)	4.20	3.80	6.20
6. DBO <sub>5</sub> (mg/L)	1.00	1.20	2.20
7. NO <sub>3</sub> (mg/L) DBO <sub>3</sub>	1.36	0.91	0.75
8. PT (mg/L)	0.03	0.12	0.05
9. Conductividad (umho/cm)	150.00	200.00	250.00
10. Coliformes Totales (NMP)	90.7x10 <sup>4</sup>	4x10 <sup>3</sup>	650x10 <sup>3</sup>
Índice de Calidad de Agua (ICA)	61	66	57

Las tablas 1 y 2 muestran los resultados de los análisis de los diferentes parámetros requeridos para la determinación del grado de contaminación del Río Caimito. Dichos análisis y toma de muestras fueron ejecutadas por el Personal del Laboratorio de Análisis Industrial y Ciencias Ambientales (LABAICA) del Centro Experimental de la Universidad Tecnológica de Panamá. Los análisis

fueron realizados siguiendo los procedimientos de cada parámetro según el APHA-AWWA-WEF-2005. El Índice de Calidad del Agua (ICA), se calculó con los 10 parámetros, enlistados en las tablas 1 y 2, determinados por el Laboratorio, según la fórmula de National Sanitation Foundation (NSF), [3] e Informe de Calidad de agua Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá, [5].

#### 4. Conclusiones y Recomendaciones

Tabla 3. Evaluación de resultados de los análisis del muestreo en el Río Caimito.

Resultado general	ICA	Resultado general	Consumo humano	Uso en recreación	Pesca y vida acuática	Uso industrial y agrícola
1. Valdeza	89	Aceptable	Tratamiento mínimo	Aceptable para cualquier deporte	Aceptable para todos los organismos	No requiere tratamiento alguno
2. Santa Rita	69	Poco contaminado	Requiere mayor tratamiento	Evitar el contacto directo	No apto para especies sensibles	Sin tratamiento
3. Potrero Grande	62	Poco contaminado	Mayor tratamiento	Evitar deportes con contacto directo	No apto para especies sensibles	Sin tratamiento
4. San Nicolás	61	Poco contaminado	Mayor tratamiento	Evitar contacto directo	No apto para especies sensibles	Sin tratamiento
5. Auto Pista	66	Poco contaminado	Mayor tratamiento	Evitar contacto directo	No apto para especies sensibles	Sin tratamiento
6. Aguacate	57	Poco contaminado	Mayor tratamiento	Evitar contacto directo	No apto para especies sensibles	Sin tratamiento

Los valores del Índice de Calidad del Agua (ICA) van de 0 % para aguas totalmente contaminadas a 100 % para aguas sin contaminación. Según el ICA calculado para cada punto muestreado, el rango

es de 57 %, para el punto Aguacate, cercano a la desembocadura, poco contaminado; a 89 % en La Valdeza, cerca del nacimiento siendo la calidad del agua en este punto, aceptable. Tabla 3.

El rango de este Indicador de 50 a 70 es regular, poco contaminado, significa que el acuífero tiene poder de recuperación, pero es restringido en cuanto a su utilización o uso que se le aplique. En este caso no se recomienda para ninguna actividad de contacto directo, como la natación o para consumo humano, sin ningún tipo de tratamiento.

Por otro lado recomendamos a las autoridades competentes, que apliquen la Ley de descargas de aguas residuales para todas las agroindustrias que descargan sus efluentes al río, sin ningún tratamiento.

## 5. Agradecimiento

A todo el Personal del Laboratorio de Análisis Industrial y Ciencias Ambientales del Centro

Experimental de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Panamá, por su apoyo incondicional en la realización de los muestreos y ejecución de los análisis. A la Universidad Tecnológica de Panamá por asumir todos los costos.

### Referencias Bibliográficas

- [1] *Panamá en cifras*, Dirección de Estadística y Censos, (1998-2002).
- [2] *Estándar Métodos*, APHA-AWWA-WEF-2005.
- [3] [www.water-research.net/watrqualiindex/NSF](http://www.water-research.net/watrqualiindex/NSF).
- [4] ANAM, *II Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua*, (2004-2005).
- [5] ACP, *Informe de Calidad de Agua Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá*, (2003-2005), volumen I.

# Propuesta de metodología Lean Seis Sigma en empresas PyMEs: un enfoque participativo con la academia

---

**Edgar Alejandro Barbosa Saucedo**

Universidad Tecnológica de Panamá

Programa de Doctorado en Ingeniería de Proyectos

edgar.barbosa@itesm.mx

**Santos Gracia Villar**

Fundación Universitaria Iberoamericana

Santosgracia@funiber.org

**Luis Alonso Dzul López**

Universidad Internacional Iberoamericana

luis.dzul@unini.mx

**Resumen**— Este trabajo surge de la necesidad de aportar nuevas alternativas para que las empresas PyMEs mexicanas sean más competitivas. Metodologías como Lean y Seis Sigma han otorgado importantes beneficios a grandes empresas, la primera a través de una reducción gradual de actividades y elementos que no aportan valor a la organización y la segunda como una forma de hacer proyectos que mejoren la calidad y reduzcan costos.

Para integrar y adaptar Lean y Seis sigma al entorno de las PyMEs se ha recurrido a una revisión de las mejores prácticas de empresas en otras regiones, logrando con esto una propuesta de aplicación que se da solo con la colaboración de instituciones académicas que aportan los ingredientes del conocimiento y su visión externa para mejorar lo que se hace cotidianamente en las PyMEs.

La aplicación inicial de Lean y Seis sigma se hizo en 4 PyMEs del estado Mexicano de Tamaulipas, con ello se presentan resultados cuantitativos y cualitativos que dejan ver la experiencia positiva que se tiene en la vinculación entre las empresas y la universidad.

**Palabras claves**— Lean, Mejora, Metodología, Proyectos, PyME, Seis Sigma, Universidad.

**Abstract**— This work arises from the need for new alternatives for small and medium enterprises (SMEs) to improve their competitiveness. Methodologies such as Lean and Six Sigma have provided significant benefits to corporations, first through a gradual reduction of activities and elements that do not add value to the organization and the second as a way to do projects that improve quality and reduce costs.

To integrate and adapt Lean and Six Sigma to the environment of SMEs has turned to a review of best practices of companies in other regions, thus achieving a proposed application to be given only with the collaboration of academic institutions that provide the ingredients of knowledge and an outside perspective to improve what is done daily in the SMEs.

The initial application of Lean Sigma was made in 4 SMEs of the Mexican state of Tamaulipas; this research presents quantitative and qualitative results that show the positive experience you have in the relationship between business and academia.

**Keywords**— *Improve, Lean, Methodology, Projects, Six Sigma, SME, University.*

**Tipo de artículo:** *original*

**Fecha de recepción:** *7 de junio de 2012*

**Fecha de aceptación:** *5 de febrero de 2013*

## 1. Introducción

Metodologías como Seis Sigma y Lean han surgido en diferentes décadas y han abonado en muchas empresas grandes a la mejora en su calidad y productividad, sin embargo dichas metodologías no han logrado llegar de manera significativa a las MiPyMEs (Micro, pequeñas y medianas empresas), mismas que no cuentan con más de 250 empleados y en donde en países como México representan poco más del 50 % del PIB, siendo generadoras de hasta un 72 % del empleo del país [1].

El pensamiento Lean, también llamado esbelto es un proceso que considera el entregar recursos con la finalidad de generar valor y eliminar desperdicios para el consumidor [2]. Se le puede definir también como la eliminación sistemática de desperdicio por parte de todo el personal de la organización de cualquier área de la misma a través del flujo de valor [3]. Este pensamiento empezó a tomar forma cuando en el año de 1949 Taiichi Ohno de la Toyota Motor Company visitó la fábrica de autos de Ford en Detroit [4], posteriormente el llamado sistema de producción de Toyota y su uso se ha generalizado en empresas de todo el mundo al ser un sistema noble que permite que con acciones sencillas se puedan hacer cambios que mejoren la operación de las empresas.

Seis Sigma surgió a finales de los años 80 en la empresa Motorola y representa un proceso de negocios que permite a las compañías mejorar drásticamente sus ahorros con el diseño y monitoreo de actividades de tal manera que se minimicen desperdicios y recursos mientras se incrementa la satisfacción del cliente [5], es también una metodología orientada a procesos que

por alguna razón no operan con los estándares que la empresa desea. Al presentarse estas diferencias o variaciones se despliega una serie de pasos con fuerte énfasis estadístico para lograr ajustar los procesos y hacer que éstos cumplan con las expectativas que la empresa y los clientes tienen.

En esta investigación se ha hecho una revisión de las metodologías Seis Sigma y Lean de manera separada, se analizaron diferentes aportaciones de metodologías que las integran, de esta forma se llega a la propuesta de una aplicación práctica que se adapta a las necesidades y limitaciones de las PyMEs Mexicanas, teniendo el componente de la vinculación con instituciones universitarias para potenciar el avance de este sector empresarial.

## 2. Antecedentes

Una PyME no tienen más de 250 empleados [6]. Estas empresas comúnmente tienen una visión de corto plazo, no invierten muchas de sus ganancias en nuevas tecnologías, la toma de decisiones es más centralizada y no con mucho apego a hechos y datos. La planeación en estas empresas y su visión limitada hacen que la capacitación de sus empleados sea menor, cosa que inhibe iniciativas innovadoras y les hace difícil implementar modelos como Lean o Seis Sigma.

Las PyMEs en México han desarrollado pocos esquemas para incrementar sus niveles de calidad y productividad. Modelos como el ISO9000 son comúnmente su referencia para adoptar sistemas que apoyen en esta materia. En la actualidad se estima que solo un 50 % de las PyMEs en México utilizan técnicas de calidad y productividad [7].

Lean Seis Sigma ha estado alrededor del mundo empresarial a lo largo de dos décadas como programa de calidad [8], éstas dos metodologías se complementan, ambas son enfocadas a los requerimientos del cliente, al ahorro en dólares reales, tienen el potencial de hacer mejoras financieras que impactan significativamente a la organización y pueden ser fácilmente usadas

en un ambiente que no sea de manufactura. Existen diferencias también entre ambas ya que Lean se enfoca en problemas visibles como el de inventarios, flujo de material y seguridad, mientras que Seis Sigma se enfoca más en cuestiones no tan visibles como la variación en el proceso [9].

Lean Seis Sigma no tiene una forma estandarizada de uso como Seis Sigma. Dentro de la revisión que se ha hecho se han identificado dos vertientes dentro de las propuestas de Lean Seis Sigma:

- a. Se anexan herramientas de Lean a la estructura de proyectos de Seis Sigma.
- b. Primero se elimina lo que no agrega valor (Lean) y luego se aplica Seis sigma para reducir la variabilidad en los procesos.

Estas dos vertientes son aplicadas por compañías consultoras como SEAGATE, AIT, ENTEGRIS y TBM en empresas que tienen un presupuesto para pagar una capacitación que oscila entre los \$5,000 y \$10,000 dólares por persona, de ahí que estos esquemas no sean las alternativas más apropiadas para empresas como las PyMEs.

Un modelo más adaptado a una PyME es el que Thomas A, Barton R, Okafor Ch [10] probaron en una compañía manufacturera pequeña del Reino Unido, dicho modelo demostró ahorros importantes en la empresa, a pesar de que ésta contaba con 15 empleados y los conocimientos de estadística no eran muy profundos. A diferencia de otros, el modelo de Thomas está más adaptado a la realidad de una PyME, al proponer un diseño de experimentos sencillo y de menor costo, por otra parte no se toma en cuenta que es común que las PyMEs no tengan bien definidas sus prioridades, indicadores o estructura organizacional, lo cual sumado a la poca capacitación y falta de experiencia en proyectos lleva a que previo a la aplicación de la metodología la empresa deba ser intervenida por algún grupo consultor.

Las universidades Mexicanas típicamente buscan intervenir en el mundo empresarial con la visión limitada de preparar a sus alumnos para el mismo, sin embargo su interés debe ir cambiando

para buscar esquemas de mutuo desarrollo (empresa-universidad) que privilegien el conocimiento aplicado y el desarrollo de sus comunidades de influencia. Una barrera importante para que en una PyME no se quieran implementar metodologías como Lean o Seis Sigma es el desconocimiento de las mismas y sobre todo de la parte estadística, ésta y otras barreras se pueden reducir con una propuesta que tenga beneficios para ambas.

### 3. Aspectos Metodológicos

Para esta investigación se han diseñado dos encuestas, la primera de ellas plantea 68 preguntas, mismas que tienen como objetivo asegurarse que la metodología planteada se haya desplegado en las empresas con apego a cada una de las etapas diseñadas, de esta forma se podrá estar seguro que la metodología se aplicó de manera consistente en cada una de las PyMEs.

La segunda encuesta está representada por 20 preguntas que tienen como finalidad medir la percepción que los miembros del equipo del proyecto tuvieron después de aplicar la metodología en variables como el entrenamiento, resultados, intervención de la institución académica y el aprendizaje obtenido. Se tomó una muestra de 4 empresas pequeñas o medianas para aplicar inicialmente la propuesta, estas PyMEs se ubican en las ciudades de Tampico y Altamira (estado de Tamaulipas) en México y no utilizan actualmente las metodologías de Lean y Seis Sigma de forma integrada. En las empresas no predomina ningún giro en particular, siendo una de ellas del sector manufacturero (SB), otra del sector comercial (AP), dos están dedicadas a los servicios, una de logística (CS) y otra de mantenimiento industrial (GA).

Con la aplicación de las encuestas y el análisis de sus resultados se pretende encontrar en que puntos se debe mejorar la primera propuesta de metodología, que herramientas, factores o etapas específicas están apoyando o inhibiendo el logro de objetivos planteados por cada PyME.

Dado que las empresas están ubicadas en Tamaulipas, la universidad que se involucró para la metodología propuesta fue el Tecnológico de Monterrey Campus Tampico (ITESM) [11]. La elección de estas 4 PyMEs se dio mediante el procedimiento de diagnóstico por parte de personal académico, por lo que hubo más empresas que pudieron ser candidatas para pero no reunían los requisitos planteados en la metodología.

La metodología propuesta plantea la selección de profesores del ITESM con experiencia en proyectos de consultoría y aplicación de Lean y Seis Sigma, así como de un grupo de alumnos de la carrera de Ingeniería industrial y de sistemas. Esta carrera fue elegida ya que su programa de estudios acumula más de 200 horas de entrenamiento en herramientas y técnicas que son aplicadas tanto en

Lean como en Seis sigma, las materias y temas que suman ese entrenamiento se muestran en la Tabla 1. La mayor parte de los temas también están presentes dentro de los estándares de entrenamiento para un *Green* y *Black Belt* de acuerdo a la ASQ (Sociedad Americana para la Calidad) [12].

La metodología aplicada tiene el componente de vinculación entre la universidad y la PyME, por lo que sus principales actores y roles se establecieron de la siguiente manera:

- *Gerente general de la PyME*: es quien debe aprobar el proyecto, designar los recursos que competan al mismo y comprometerse con la ejecución y continuidad de los resultados logrados en los objetivos establecidos. Tomando de base la estructura de Seis Sigma hace las veces de un *Champion* en el proyecto.

**Tabla 1. Materias y horas dedicadas a temas para la capacitación en Lean y Seis Sigma en un plan de estudios de Ingeniería Industrial y de Sistemas del ITESM.**

Materia	Horas clase	Temas relevantes para Lean/Seis Sigma
Probabilidad y estadística	20	Estadística descriptiva e inferencial, funciones de probabilidad.
Diseño del trabajo	14	Estudio de tiempos, ergonomía, diagramas para flujos de procesos.
Planeación de plantas	18	Flujo del proceso, diseño de layout, TPM.
Diseño de experimentos	28	Regresión, pruebas de hipótesis, Anova, diseño factorial.
Ingeniería de proyectos	25	Problema, objetivos, alcance, evaluación financiera, seguimiento.
Control estadístico de calidad	32	Herramientas básicas de calidad, AMEF, capacidad de procesos, gráficos de control, ciclo PHVA.
Ingeniería estadística	32	Despliegue de Seis Sigma a través del DMAIC.
Estrategias de manufactura	40	Principios y herramientas de Lean (VSM, Kaizen, Poka Yooke, etc.).

- *Equipo de gerentes*: son los gerentes de áreas que conforman la línea de mando inmediata al gerente general o dueño. Tienen un voto y propuestas para proyectos, mismos que se derivan de oportunidad en sus áreas de responsabilidad. Tomando la base de la estructura de Seis Sigma hacen las veces de *Process Owners* (dueños del proceso), al ser en sus departamentos donde se llevará el trabajo medular del proyecto.
- *Personal que compone el equipo del proyecto*: aquel personal primordialmente proveniente de las áreas o procesos de donde se desprenda el proyecto. Son personas seleccionadas de acuerdo a la metodología por su perfil de conocimiento y experiencia como principales factores. Dichos elementos ejecutan cada una de las etapas de la metodología en conjunto con los alumnos de la institución universitaria.
- *Profesores consultores*: profesores vinculados con la universidad, que tengan experiencia en el uso de Lean y Seis Sigma, puesto que su rol primordial será el de evaluador, entrenador y líder en el despliegue de la metodología integrada en la PyME.
- *Estudiantes de Ingeniería Industrial*: alumnos seleccionados para el proyecto primordialmente de acuerdo a su cumplimiento de requisitos académicos (Tabla 1) y que formarán un equipo con el personal de la empresa. Su rol principal es el de ejecución del proyecto, así como el brindar asesoría en el conocimiento de técnicas o herramientas poco conocidas por el personal de la empresa a lo largo de la aplicación de la metodología.
- *Centro de desarrollo profesional*: entidad o departamento que depende de la institución universitaria. Tiene como rol principal ser el primer contacto con las empresas, el recibir y canalizar solicitudes de proyectos así como de tener la gestión de contratos y seguimiento en cierres de proyectos.

#### 4. Propuesta y resultados

La metodología se planteó en base a las siguientes etapas, mismas que se complementaron partiendo de una investigación hecha con anterioridad por este autor en PyMEs Tamaulipecas [13]:

- a. Diagnóstico.
- b. Planeación y proyección.
- c. Definición Detallada.
- d. Traducción.
- e. Análisis.
- f. Estado futuro.
- g. Estandarización y sesión.

*Diagnóstico*: la institución académica evalúa si existen condiciones mínimas tales como el Liderazgo y compromiso con el entrenamiento en la PyME para poder aplicar la metodología propuesta.

*Planeación y proyección*: se obtiene una definición clara de las necesidades de la empresa, un conocimiento profundo de sus clientes, un conocimiento detallado de su posición actual en el negocio. A través de un proceso de priorización de proyectos, los dirigentes de la PyME comparten información sobre propuestas y eligen el más conveniente.

*Definición*: se llega a una definición detallada del problema, un diagrama que represente claramente el proceso, un alcance específico del proyecto y un resultado financiero positivo para la empresa. La definición del equipo del proyecto es también muy importante.

*Traducción*: se estudian las variables involucradas en el proyecto tomando solo las importantes. Las herramientas son estadísticas pero no difíciles de usar al tener software como Excel o Minitab, el análisis en software estadístico puede ser hecho por uno o dos miembros del equipo, no todos necesitan saber de estadística.

*Análisis*: las variables elegidas se observan individual y grupalmente para detectar relaciones entre ellas. Se involucra una mayor complejidad al pasar de un mapeo a un análisis más científico con apoyo de la estadística.

*Mejora:* en esta etapa el equipo de trabajo experimentará con aquellas variables que afectan significativamente el proyecto, remueve las actividades que no generan valor y mide el efecto del cambio hecho en el proceso.

*Estandarización y sesión:* se busca que los cambios perduren a través de ayudas visuales, capacitación, manuales o controles que permitan que los cambios se ejecuten fielmente cada que los procesos se llevan a cabo.

La figura 1 muestra un diagrama en donde se aprecia cada etapa de la metodología que se aplicó en las 4 PyMEs, su secuencia cronológica y los involucrados en la misma. En el diagrama se ve como transversalmente a través de toda la metodología existe una combinación de conceptos y técnicas de lean y seis sigma. Los pasos sombreados en color **azul** son en los que la aplicación de herramientas o técnicas están ligados con Seis sigma, mientras que los pasos marcados en **verde** son del área de conocimiento de Lean, los pasos en color **gris** son aquellos en los que se presentan entrenamientos y técnicas en los que se abordan ambas metodologías.

Cada proyecto en la empresa tuvo una duración promedio de 20 semanas y sus cronogramas se estructuraron para ser congruentes con un plan universitario semestral que permitiera tener una evaluación para los alumnos y profesores.

Como se mencionó anteriormente los resultados del uso de la metodología propuesta se analizaron a través de una primera encuesta que consta de 68 preguntas, misma que respondieron las 4 PyMEs. Dicha encuesta centra sus preguntas en el aprendizaje, uso y resultados de la metodología en cada una de las 7 etapas mostradas en la figura 1.

De acuerdo a esta primera encuesta los líderes y personal de la PyME evaluaron cada pregunta utilizando una escala que va del 1 al 5, en donde el 1 significa un total desacuerdo y el 5 representa un total acuerdo y apego a la metodología. En la figura 2 se resumen los resultados de las 7 etapas para cada una de las 4 empresas.

Los resultados de las encuestas nos marcan que no existe una diferencia significativa entre lo percibido sobre el uso de la metodología entre empresas, ya que todas se colocan entre los 27.75 y 29.88 puntos de

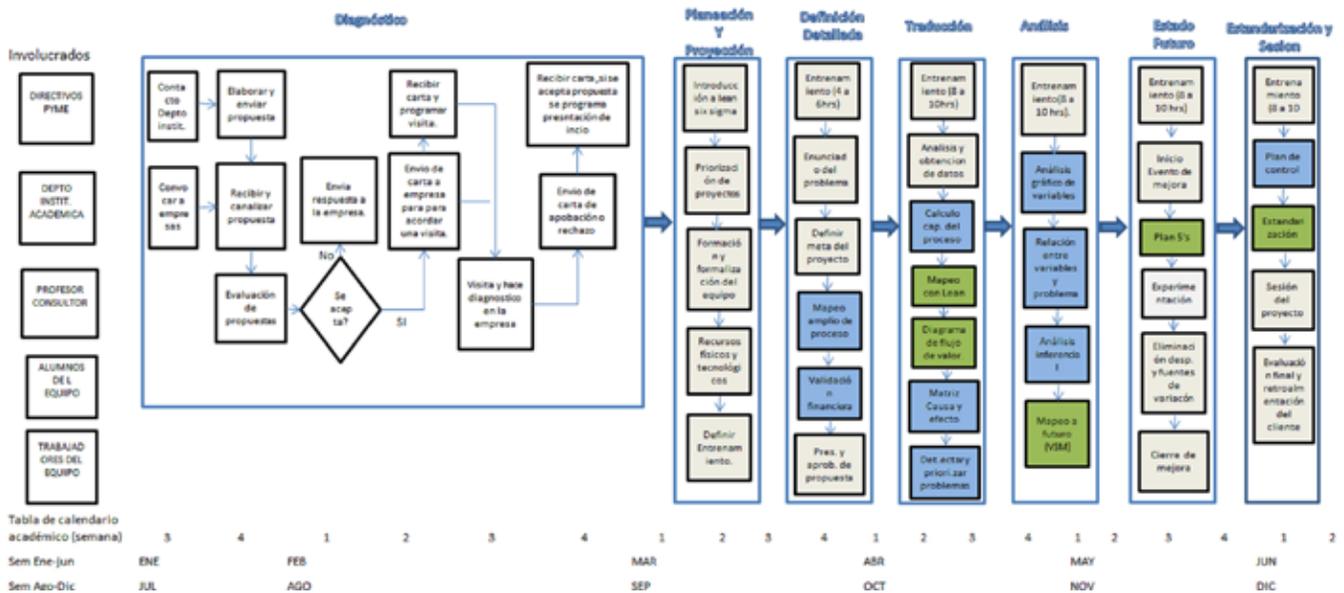


Figura 1. Diagrama de la metodología Lean Sigma en PyMEs con participación académica.

un máximo de 35 posibles, estos puntos resultan de sumar para cada empresa todos los puntos de cada una de las 7 etapas de la metodología propuesta. Los promedios globales para cada empresa, ya considerando las 7 etapas de la metodología de acuerdo al primer cuestionario de 68 preguntas son los siguientes: AP y CS se sitúan con 4.00 cada una, mientras que GA logró 4.03 y SB tuvo 4.27.

En términos puntuales de etapa por empresa, solamente en el caso de la empresa CS se tuvo una puntuación inferior a 3.0 en la etapa 1 de diagnóstico.

Al comparar los resultados promedio por etapa se observó como en la de diagnóstico existen mayores problemas con la aplicación de la metodología, al tener un puntaje promedio de 3.35, esto contrasta con el promedio de la etapa de estandarización y sesión en donde las empresas obtuvieron el valor más alto de 4.70.

Con un segundo cuestionario de 20 preguntas se intentó capturar la percepción de los participantes

de la empresa en el proyecto sobre factores considerados como claves para Antony J, Kumar M, Cho B [14] para el éxito y la posibilidad de replicar la metodología en éstas y otras empresas:

*Resultados del proyecto:* se asocia a la percepción de la consecución de resultados, solución del problema planteado con el proyecto y el control y mejora en procesos.

*Desarrollo:* se refiere a la percepción del valor que le dejó a la persona ejecutar este proyecto en el sentido del conocimiento más profundo de los procesos y de la metodología empleada.

*Entrenamiento:* se refiere a la percepción de haber aprendido sobre una metodología, software y herramientas utilizadas y afianzadas en base a la práctica del proyecto.

*Intervención académica:* trata de capturar la percepción del valor generado, la positividad de la experiencia y la posibilidad de que funcione en otras organizaciones la intervención de profesores y

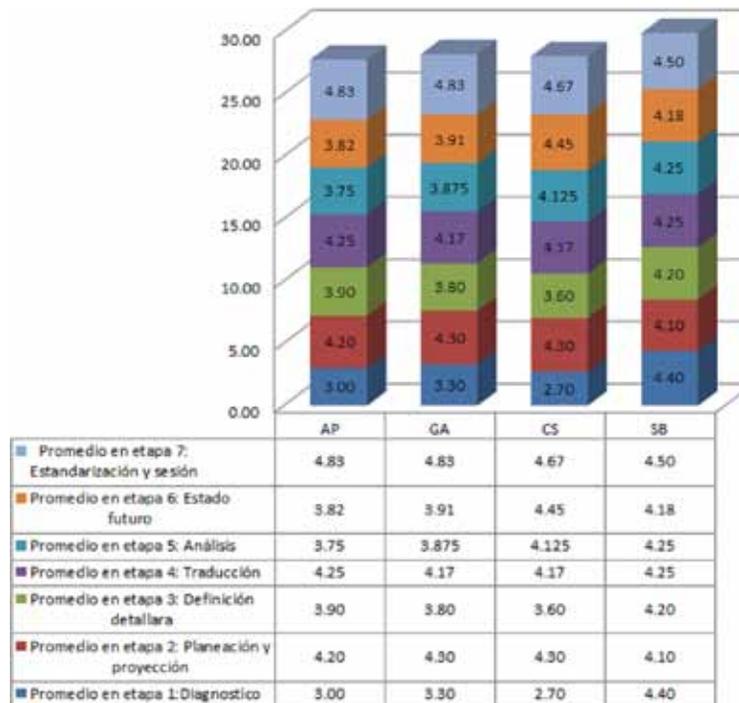


Figura 2. Gráfica comparativa de cada proyecto dividido por etapas.

alumnos de la institución académica en la empresa.

*Modelo:* trata de capturar la percepción del funcionamiento de la metodología empleada en este proyecto particular, así como la opinión de si funcionaría para otras empresas y si sería bueno implementarlo.

La figura 3 muestra los resultados de esta segunda encuesta, misma que se evalúa igual que la primera, en donde 5 es la puntuación más alta.

En términos de resultados de los proyectos la evaluación de las 4 empresas se considera positiva al ser de al menos 4 en todos los casos, por lo que existió una percepción de que los resultados, metas u objetivos del proyecto se cumplieron favorablemente.

En cuanto al desarrollo del personal que intervino en la aplicación de la metodología la percepción del aprendizaje que les dejó a los empleados este proyecto, así como lo nuevo que este les permitió descubrir de su empresa son las

áreas con más bajo puntaje, sin embargo ninguna con puntuaciones inferiores a 3.0, esto puede deberse a que ya se tenían identificados algunos de los problemas que generaron estos proyectos y a que la gente que intervino en los mismos tiene ya varios años trabajando en la empresa.

En términos de entrenamiento la percepción fue positiva en casi todos los casos, destacándose un puntaje un poco más bajo en la pregunta que se refiere a que no cualquier persona aunque tenga una preparación universitaria será capaz de aprender la metodología.

En cuanto a la participación de alumnos y profesores del ITESM en la metodología los resultados son positivos, destacándose la experiencia positiva que representó para el personal de la empresa trabajar con ellos y el aprendizaje y experiencia que consideran ganaron estos últimos al intervenir en un proyecto de su empresa.

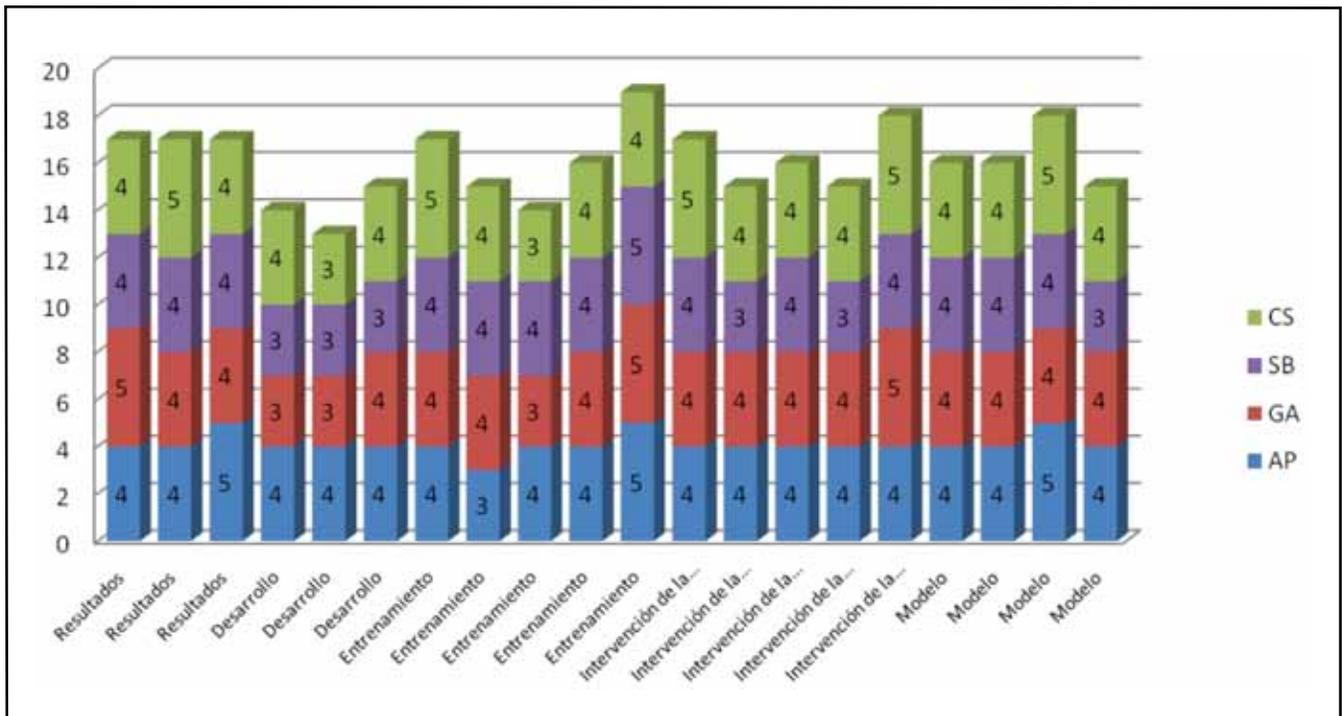


Figura 3. Resultados de la percepción de factores clave para el éxito de la aplicación de la metodología propuesta.

En lo referente a la aplicación de la metodología o modelo, los empleados destacaron la factibilidad técnica y económica del proyecto, la posible aplicación de la metodología en otras empresas que no necesariamente tengan un sistema de calidad implementado así como también el que si ellos en lo personal tuviera el poder de decisión de implementar un modelo como este en la empresa lo harían.

De los resultados obtenidos al efectuar una primera aplicación de la metodología propuesta a través de la documentación de lo sucedido en cada una de sus etapas y de los resultados de encuestas en las 4 PyMEs se concluye lo siguiente:

De la fase de diagnóstico:

- 3 de las 4 PyMEs no conocían lo que es Seis Sigma o Lean.
- En las 4 empresas se promueven cursos de capacitación y el desarrollo de nuevos proyectos.
- 2 de las 4 empresas están certificadas (o en su proceso) en ISO9000.
- Las 4 empresas cuentan con un departamento o responsable de la calidad de sus productos.
- A pesar de que una empresa tuvo puntuación inferior a 3.0 en esta etapa de diagnóstico, esta PyME igual que las otras 3 logro tener una evaluación global promedio de 4.0 o más en la metodología.

De la fase de planeación y proyección:

- Las 4 empresas obtuvieron resultados muy satisfactorios de esta fase (puntuaciones superiores a 4.0).
- La priorización y elección de proyectos es lo que más problemas les causó a las PyMEs.
- La capacitación en 3 de las 4 empresas fue superior a 40 horas, siendo únicamente menor a ese número de horas en la PyME en la que ya se tenía entrenamiento en Seis Sigma.

De la fase de definición detallada:

- Las 4 PyMEs estuvieron por encima del 3.5 de puntuación.
- El cálculo del beneficio de los proyectos y su validación se les dificultó a las PyMEs.

De la fase de traducción:

- Las 4 empresas obtuvieron resultados satisfactorios de esta fase (puntuaciones superiores a 4.0).
- A 1 de las 4 empresas se le dificultó más el identificar las actividades que generan valor en sus procesos, dado que no los tenían mapeados y ligados con las necesidades de sus clientes.

De la fase de Análisis:

- 2 de las 4 PyMEs obtuvieron puntuaciones superiores a 4.0. Las empresas que tuvieron más dificultades con los conceptos estadísticos lo subsanaron, con el apoyo del software, el entrenamiento y asesoría del profesor consultor.

De la fase de estado futuro:

- 2 de las 4 empresas tuvieron una puntuación superior a 4.0 en esta fase, estando las 2 restantes muy cerca de ello (3.82 y 3.91).
- Los resultados promedio más bajos se obtuvieron debido a las dificultades de organizar un evento de mejora y el entendimiento y aplicación de las 5's.

De la fase de estandarización y sesión:

- El cierre de la metodología fue para las 4 empresas muy bueno, teniendo todas unas puntuaciones igual o superior a 4.5 en la encuesta y destacando la entrega a los directivos de la empresa de la documentación, presentación y plan de control necesarios para que esta le dé seguimiento al proyecto.

## 5. Conclusiones

La contribución de este trabajo radica en que se presenta una alternativa para mejorar la competitividad de empresas PyMEs del Estado de Tamaulipas en México, teniendo un gran impacto potencial al ser estas empresas mayoría y las que en esencia sostienen al país en cuanto a empleo y generación de riqueza se refiere. La principal ventaja de la metodología planteada en esta primera aproximación radica en que es un esquema económico y que genera experiencia y aprendizaje para los empleados, profesores y estudiantes involucrados.

Esta primera aplicación muestra una metodología que puede ser utilizada a futuro por otras universidades y empresas de distintas regiones de México que tengan condiciones similares a las planteadas en la investigación. Algunas conclusiones que se dependen de este trabajo son:

- Seis Sigma y Lean son metodologías que se complementan, ambas son enfocadas a los requerimientos del cliente, al ahorro en dólares reales y pueden ser utilizadas en ambientes externos al de la manufactura como se ha mostrado en esta investigación al verse involucradas PyMEs del sector comercial y de servicios.
- No existe un conocimiento y aplicación importante de Lean y/o Seis Sigma en las PyMEs Tamaulipecas.
- No existe una metodología única para integrar Lean y Seis Sigma, los dos enfoques más comunes para integrarlas son el desplegar el DMAIC (Definir, medir, analizar, mejorar y controlar) añadiendo herramienta Lean a través de cada fase, y el de aplicar primero Lean (eliminar desperdicios) para luego atacar las fuentes de variación (Seis Sigma).
- Partiendo del DMAIC se puede estructurar una metodología que integre secuencialmente las herramientas más efectivas y sencillas que son usadas para Lean y Seis Sigma, teniendo de esta forma una propuesta para adaptarla a empresas con menos conocimientos y sistemas como las PyMEs.
- La primera aplicación de una metodología en 4 PyMEs Tamaulipecas incluye las fases de Diagnóstico, Planeación y proyección, definición detallada, traducción, análisis, estado futuro y estandarización y sesión, y muestra resultados positivos y visibles vía las encuestas aplicadas.
- Una curricula de Ingeniería Industrial como la del ITESM en donde existen asignaturas especializadas y con ejecución práctica de los temas de estas metodologías facilitó que el alumno tuviera el conocimiento y la experiencia para llevarlos a la práctica a través de proyectos de aplicación de la metodología propuesta.
- La Universidad requiere de profesores con experiencia en consultoría y con conocimientos equivalentes a un *Black Belt*, así como de alumnos capacitados en los temas de Lean y Seis Sigma. La curricula del ingeniero industrial del ITESM capacita al estudiante al sumar más de 200 horas (Tabla 1) de temas directamente relacionados con las metodologías, siendo este número de horas igual o superior al entrenamiento que ofrecen empresas consultoras para certificarse como *Black Belt*.
- La vinculación entre universidades como el ITESM Campus Tampico y las PyMEs Tamaulipecas facilita a estas últimas el aprendizaje de metodologías para ser más competitivas, esto mediante la ejecución de proyectos con base en la metodología integrada propuesta en este trabajo, de otra forma la PyME no tiene más que la opción de invertir de su capital para pagar servicios profesionales de consultores que puede llegar a costar alrededor de \$10,000 dólares.
- Los proyectos que se hicieron para esta primera aplicación de la metodología cumplieron con su meta establecida, generando un plan para controlar la mejora y viendo en este plan la posibilidad de tener más proyectos a futuro.
- El personal de las PyMEs que se involucró en la metodología aprendió más de su empresa, de la metodología usada y logró utilizar una nueva forma de resolver problemas.
- El entrenamiento impartido fue adecuado para afrontar este u otros proyectos. El uso del software contribuyó a asimilar los conceptos estadísticos de la metodología y a que cualquier persona con formación universitaria en ingeniería o negocios pueda aprender la metodología.
- La experiencia y participación en la empresa de profesores consultores y alumnos fue evaluada

como positiva, siendo sus conocimientos, ayuda y asesoría fundamentales para la aplicación de la metodología.

- La metodología resultó ser económica y factible para estas empresas PyMEs a pesar de tener giros diversos, y estar algunas ya certificadas o en proceso de hacerlo en sistemas de calidad tales como ISO9000.
- El balance de horas dedicadas promedio al proyecto para los alumnos fue de 16 horas semanales.
- Es necesario para el modelo que exista al menos un integrante de la empresa participando como miembro del equipo, siendo capacitado y teniendo dedicación de 8 horas en promedio a la semana para el proyecto.

#### Referencias Bibliográficas

- [1] Secretaría de Economía Mexicana. Observatorio PYME México [en línea], <http://www.observatorioPyME.com/encuestas-y-estudios/cifras-de-PyMEs/> [Consultado: 12 de enero 2012].
- [2] Stephen M. "Trimming waste? a guide to Six sigma, lean, and the theory of constraints", *Canadian Plastics*, Jan/Feb 2009; 67, 1; ABI/INFORM Global.
- [3] Womack J, Jones D. "From Lean production to the Lean enterprise", *Harvard Business Review*, Vol. 72 No. 2, pp. 93-103, 1994.
- [4] Harris B. "Service with a smile, Lean solutions extend beyond the factory floor", magazine, pp. 40-44. Agosto 2006.
- [5] Harry M, Schroeder R. *Six Sigma-The Breakthrough Management strategy revolutionizing the World's top Corporations*. Doubleday: New York, USA 2000.
- [6] Observatorio PyME México. *Primer reporte de resultados* [en línea], <http://www.economia.gob.mx/pics/p/p2760/ESTUDIOPYMESCIPI.pdf> (Consultado: 28 de Febrero 2012).
- [7] Promexico. *Los retos de las PyMEs dentro del comercio internacional*. [en línea], <http://www.promexico.gob.mx/comercio/retos-de-las-pymes-dentro-del-comercio-internacional.html>. [Consultado: 15 de marzo del 2012].
- [8] Fraser N. "Lean six Sigma applied to a customer services process within a commercial finance organization". *Management Services*, Autumn 2009;53,3:ABI/INFORM Global.
- [9] Evans J, Lindsay W. *The Management and control of quality*. Thomson South-Western, pp. 508 Estados Unidos, 2008.
- [10] Thomas A, Barton R, OkaforCh. "Applying Lean six Sigma in a Small Engineering company –A Model for Change". *Journal of Manufacturing Technology Management* Vol. 20 No. 1, pp. 113-129, 2009.
- [11] ITESM Campus Tampico [en línea], [www.tam.itesm.mx](http://www.tam.itesm.mx) [Consulta:2 febrero 2012].
- [12] Asociación Americana para la calidad (ASQ) [en línea], <http://www.asq.com.mx/> [consultado: 2 de mayo 2012].
- [13] Barbosa E, Gracia S, Dzul L. "Como mejorar la competitividad de las empresas Tamaulipecas?: Seis sigma, una alternativa para las pequeñas y medianas empresas". *Revista CienciaUat*, vol. 19, pp.56-60, Febrero 2011.
- [14] Antony J, Kumar M, Cho B. "Six sigma in service organizations: Benefits, challenges and difficulties, common myths, empirical observations and success factors", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 24 No. 3, p. 294-311, 2.

# Evaluación del envasado activo del melocotón pelado y cortado (IV Gama)

---

**Pablo Montero-Prado, Ph. D.**

Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales  
Universidad Tecnológica de Panamá  
pablo.montero@utp.ac.pa

**Cristina Nerín, Ph. D.**

Grupo Universitario de Investigación Analítica  
Departamento de Química Analítica  
Universidad de Zaragoza  
cnerin@unizar.es

**Resumen**— Alargar la vida útil del melocotón mínimamente procesado y almacenado a temperaturas de entre 4° y 8°, ha sido posible mediante la utilización del concepto de envases activos que incorporan agentes activos de origen natural como es el caso del aceite esencial de canela. Ha sido probado que es posible lograr una disminución de la variación de color debida a la oxidación de los frutos desde 5.5 a 8 puntos según el tipo de envase activo utilizado. El análisis sensorial realizado permitió evaluar dos factores, en primer lugar, la aceptación de los consumidores a este tipo de presentación en el mercado, y en segundo lugar, se pudo evaluar el nivel de deterioro comparativos de los frutos almacenados con envases activos con los que no fueron envasados en presencia de agentes activos, esto pone de manifiesto la posibilidad de utilizar este tipo de tecnología como medio de aumentar la rentabilidad y aprovechamiento de los frutos que no son aptos para ser mercadeados directamente en su formato original.

**Palabras claves**— análisis sensorial, envase activo, fruta fresca cortada, fruta mínimamente procesada, vida útil.

**Abstract**— Extend the shelf life of minimally processed peach that was stored at temperatures between 4 and 8 C. This was possible through employing a new concept known as active packaging which incorporates the use of natural cinnamon oil as an active agent. It has been proved possible to achieve a reduction of the variation in color due to oxidation of the fruits from 5.5 to 8 points depending on the type of active packaging used. Sensory analysis made it possible to evaluate two factors, first, consumer acceptance of the packaging and the presentation were evaluated and second, the preservation quality of active packaging fruit in comparison to fruit not packaged using active packaging. The results of this analysis show that active packaging is a viable solution to the problem of extending the shelf-life of fresh-cut fruits for consumption, for a longer period of time and to the problem of marketing fruits that have not before been marketed in this manner.

**Keywords**— Active packaging, fresh cut fruit, fruits minimally processed, shelf life, sensorial analysis.

---

**Tipo de artículo:** original

**Fecha de recepción:** 24 de agosto de 2012

**Fecha de aceptación:** 5 de febrero de 2013

## 1. Introducción y objetivos

Una consecuencia de la globalización de los mercados es el considerable aumento de la demanda de productos de excelente calidad. Entre estos productos destacan las frutas y vegetales, cuyos beneficios hacia una vida saludable son plenamente reconocidos [1].

Del mismo modo, la globalización ha incrementado las obligaciones de las personas fuera del hogar. La menor disposición de tiempo para la preparación de los alimentos ha generado el surgimiento de los productos listos para usar, mínimamente procesados o IV gama. Los productos mínimamente procesados son uno de los principales segmentos de crecimiento en los establecimientos de alimentos al por menor [2]. Durante la década de 1990, comenzó a surgir esta presentación comercial, en especial para productos hortícolas como la lechuga, el repollo, las zanahorias y otros vegetales análogos [3].

Un problema evidente es que el procesamiento mínimo durante las operaciones tales como pelado o cortado, son una fuente de daño en el tejido vegetal [4]. Por otro lado, está el problema microbiológico, presente en todas las etapas del procesamiento. La carga microbiana de los productos después de la cosecha puede reducirse considerablemente a través de una limpieza en agua corriente tratada con cloro y una distribución en condiciones de refrigeración garantizada y controlada [5]. Sin embargo, estos tratamientos minimizan la calidad y las características organolépticas de los frutos. Por lo que uno de los objetivos más difíciles a los que se enfrentan los procesadores, es utilizar esta tecnología para lograr resultados similares en los productos con fruta fresca. Por ello, la presentación de frutas recién cortadas no han sido desarrolladas en profundidad [2].

Hay una serie de cuestiones que aún deben superarse antes que los productos de frutos recién cortados puedan ser considerados con una posición destacada en este segmento del mercado. Por

otra parte, un fuerte impulso en el desarrollo de la tecnología necesaria para el procesamiento y distribución de frutas recién cortadas, va a resolver algunas de las limitaciones que los procesadores de frutas encuentran hoy en día, para obtener productos estables de frutas [2]. Dos factores fundamentales para determinar la aceptabilidad de la fruta recién cortada son, la apariencia y la textura, ya que cambios en estos factores, están estrechamente relacionados al deterioro del tejido [6].

Por todo esto, se hace necesario el estudio y desarrollo de nuevos tipos de envases, materiales y técnicas de tratamiento que resulten en la obtención de una fruta no sólo mínimamente procesada, sino apenas tratada químicamente para su conservación, lo que se traduciría en un producto con características idénticas a las del fruto entero tradicional.

En este trabajo, se pretende explotar la experiencia de investigación en el área de envases activos [7, 8, 9, 10]. De manera que permitan abordar el estudio de conservación del melocotón pelado y cortado mediante la utilización de un envase activo, que logre preservarlo sin interferir en sus características sensoriales.

## 2. Desarrollo Experimental

### 2.1 Materiales y reactivos

#### 2.1.1 Aceites esenciales

Se utilizó como agente activo en el envase, aceite esencial de canela (CAS 8015-91-6), suministrado por Argolide Química S.L. (Barcelona, España).

#### 2.1.2 Muestras de melocotón

Las frutas fueron recolectadas en el momento óptimo de cosecha y entregadas en el laboratorio el mismo día. Los frutos fueron previamente seleccionados de acuerdo al estado de maduración según su apariencia. Sólo se utilizaron frutos libres de cualquier tipo de daño. Para este ensayo, los melocotones fueron pelados y cortados a mano en tamaños uniformes de aproximadamente 1 cm<sup>3</sup>, y

en cada envase, se colocaron 150 gramos de fruta. La fruta no fue sometida a ningún proceso de lavado ni esterilización.

## 2.2 Envases activos

Se emplearon barquetas semi-rígidas de Tereftalato de Polietileno (PET), con tapa del mismo material, sin perforaciones. Las barquetas utilizadas tienen un volumen de 294 cm<sup>3</sup>. El ensayo se realizó en tres prototipos de envases: en barquetas de PET con etiquetas autoadhesivas activas (etiqueta activa), con 0,36 g/m<sup>2</sup> de agente activo, barquetas impregnadas directamente con el recubrimiento activo, con 0,041 g/m<sup>2</sup>, y barquetas sin agentes activos como envases de control. Una vez envasado el melocotón, las barquetas se mantuvieron a una temperatura de entre 4° y 8° C. Se prepararon suficientes envases para obtener tres réplicas de cada tratamiento, incluido el control, durante todo el tiempo de la prueba.

## 2.3 Análisis físico-químicos

### 2.3.1 Cambio de color

Como parámetro físico-químico se evaluó la diferencia de color entre los tratamientos activos y el control, tomando como punto de referencia, la medida de color tomada el día 0, es decir, al inicio del ensayo.

El color de los melocotones fue medido con un medidor de color portátil CR-400 (Konika Minolta, Tokio, Japón), iluminante C. Los cambios de color fueron cuantificados en el espacio de color CIELAB (CIE 1976 L\* a\* b\*), descritos en capítulos previos, mediante la ecuación 1.

$$\Delta E_{76} = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2} \quad (1)$$

Las medidas de color fueron tomadas en la superficie de la pulpa del melocotón, y se realizaron a los 0, 1, 2, 4 y 6 días.

## 2.4. Análisis sensorial

Para el análisis sensorial, se utilizó un panel inexperto compuesto por 10 usuarios para evaluar los cambios en las propiedades sensoriales de los melocotones durante el almacenamiento. Estos usuarios (5 mujeres y 5 hombres. Edad 22-35 años) fueron reclutados entre el personal de la Universidad de Zaragoza. Los mismos, fueron familiarizados con el melocotón "Calanda", y se utilizaron para todas las pruebas. Los mismos, evaluaron cambios en las propiedades organolépticas, mencionadas anteriormente, de los melocotones a lo largo de su almacenamiento.

En el análisis sensorial del envasado en IV gama, se evaluaron las diferencias organolépticas de las distintas opciones, buscando en todo momento, establecer diferencias en la aceptación del consumidor. Para esto, se hizo énfasis en dos factores, según las características mostradas por el producto en el momento de la evaluación. El primer factor, fue establecer la aceptación por parte de los consumidores, estimando si los mismos estarían dispuestos a comprar o no el producto. Para esto, el panel evaluador permanece ciego, es decir, desconoce a qué grupo pertenecen las muestras valoradas. En segundo lugar, se busca establecer la variación de parámetros de calidad organolépticas, como el sabor, firmeza, nivel de oxidación, aromas y valoración global. Para cada parámetro, los degustadores debían comparar los melocotones envasados con agentes activos frente al control, calificando con +1 si el parámetro evaluado era mejor para el activo que para el control, con 0 si el mismo era similar al control y con -1 si consideran que el activo es peor que el control. Estas mediciones, se llevaron a cabo a los 0, 1, 2, 4 y 6 días de envasado. Adicionalmente, se determinó la capacidad de los panelistas de detectar aromas provenientes del aceite esencial de canela.

### 3. Resultados y Discusión

#### 3.1. Cambio de color

El proceso oxidativo de los tejidos de las frutas recién peladas y cortadas, es un problema importante para la industria alimentaria [11]. En este sentido, como se observa en la figura 1, se han logrado establecer diferencias de color  $\Delta E$ , entre el melocotón pelado y cortado envasado con agente activo frente al control. Se evidencia una disminución de 5.5 puntos del fruto envasado en barquetas activas con respecto al control, por otro lado, los frutos envasados en barquetas con etiquetas activas presentan una variación de ocho puntos con respecto al color. Estas variaciones de color son lo suficientemente perceptibles a simple vista, que permiten evaluar el estado del fruto inmediatamente.

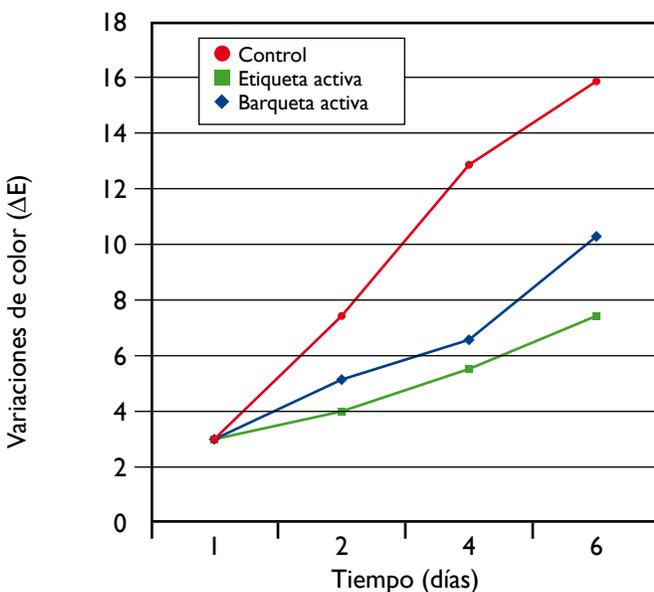
La figura 2 muestra la comparación de los frutos, en presencia y ausencia de agentes activos a los 1, 4 y 6 días. Durante todo el tiempo del ensayo, el control mostró mayores diferencias de color que los frutos envasados con agentes activos, esto significa que el grado de oxidación es mayor en la superficie de estos. De los frutos envasados

con agentes activos, se puede ver cómo los frutos envasados con etiqueta activa tienen una menor variación del color con respecto al estado inicial, lo cual refleja el menor grado de oxidación y deterioro de los mismos.

#### 3.2. Análisis sensorial

El primer factor evaluado por los ensayos sensoriales fue establecer si los degustadores estarían dispuestos a comprar o no el producto según el estado de deterioro de la fruta. En la figura 3, se puede observar el porcentaje de personas que estarían dispuestas a comprar el producto, según los diferentes tratamientos, a lo largo del tiempo. El mismo indica que el melocotón pelado, cortado y envasado con etiqueta activa, fue seleccionado en todo momento preferentemente sobre el control. Por otro lado, para la barqueta activa, los participantes estarían dispuestos a comprar el producto sólo durante los primeros días de envasado, incluso en el primer día de envasado, esta preferencia es superior que el envase con etiqueta activa.

El segundo factor estudiado en los ensayos sensoriales, permitió diferenciar el grado de deterioro y de aceptabilidad de los frutos envasados en envases activos frente a los frutos de control. Se demostró que los frutos envasados en barquetas con material activo, tienen mayor aceptación sensorial a lo largo del tiempo que los envasados sin agentes activos. En la figura 4, se muestran estos resultados. En el mismo, se pueden comparar los resultados para el día 1 (A) y para el día 6 (B). En el día 1 de envasado, las características evaluadas mostraron que para la fruta envasada en envases activos, mantuvieron niveles similares o ligeramente inferiores con respecto al control.



**Figura 1.** Variaciones de color ( $\Delta E$ ) de las muestras de melocotón pelado y cortado, envasado en envases activos y control.

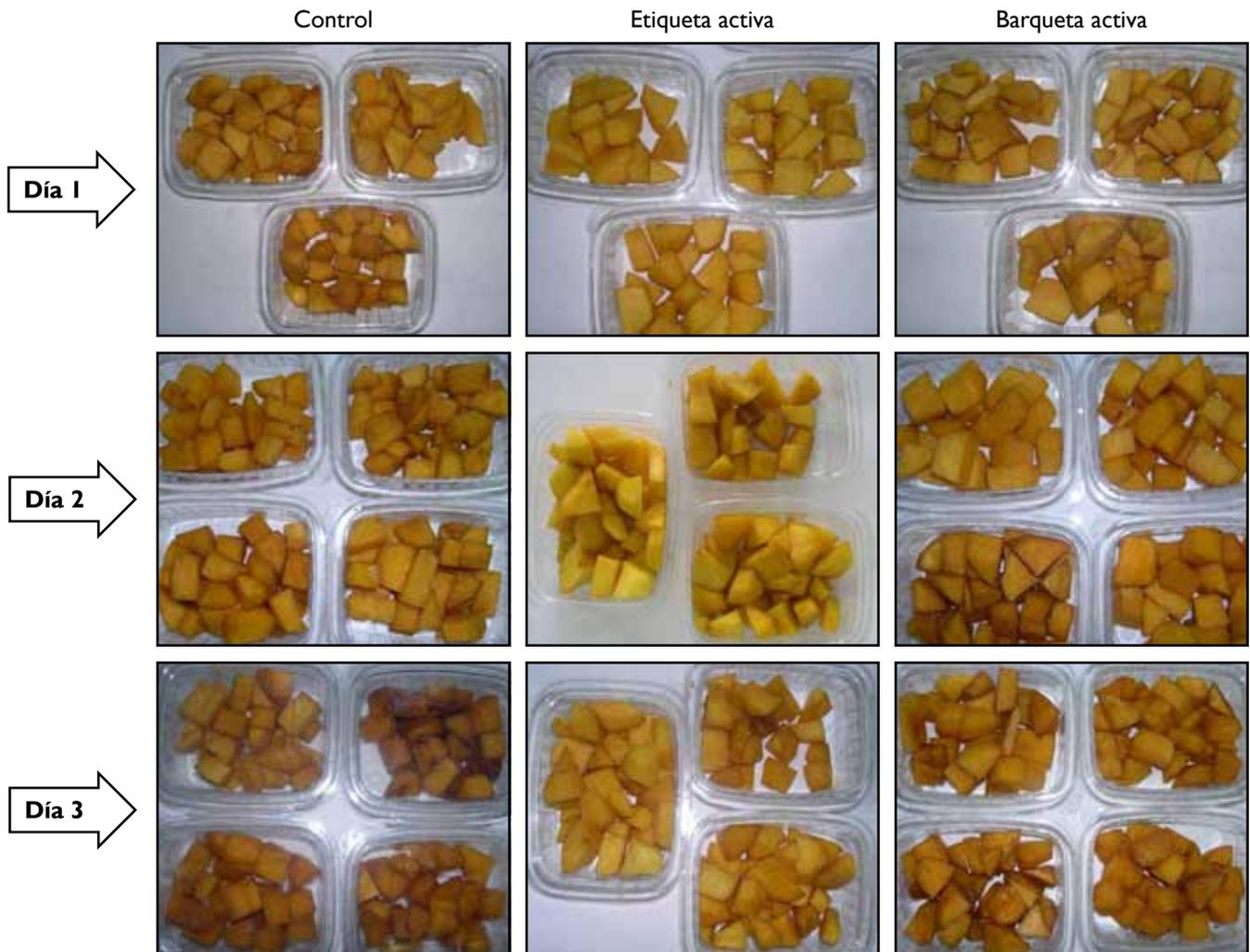


Figura 2. Variación del grado de oxidación de los melocotones pelados y cortados a 1, 4 y 6 días de envasado, en envases activos y control.

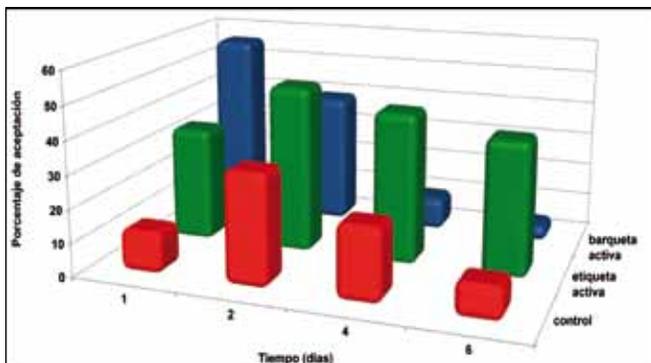


Figura 3. Resultados de opinión sobre la metodología.

Por otro lado, en el día 6, todos los parámetros evaluados, a excepción de la oxidación, mostraron mejor puntuación para la fruta envasada en envases activos. El envase con etiqueta activa, superó a la barqueta en el sabor y la firmeza, y en la valoración global. El grado de oxidación resultó mucho menor en el envase con etiqueta activa con respecto al control, lo que representa un factor de mucha importancia en la conservación de fruta fresca cortada.

Cabe señalar, que durante los primeros dos días del ensayo, un 5 % de los panelistas fue capaz de detectar aromas procedentes del aceite esencial de canela. No así para el resto del ensayo.

#### 4. Conclusiones

Los resultados logrados en este estudio, demuestran que el envasado en IV gama del melocotón, representa una oportunidad muy prometedora como herramienta de ampliación de su comercialización. Con la utilización del aceite esencial de canela como agente activo y en condiciones de refrigeración estándar.

Cabe resaltar el hecho de que el aceite esencial de canela ha demostrado sus cualidades beneficiosas al mantener por más tiempo los niveles de aceptación del melocotón recién pelado y cortado.

El resultado sobresaliente de la utilización de etiquetas activas, pone de manifiesto su versatilidad dado que las mismas, además de ser utilizadas en su enfoque tradicional, pueden ser utilizadas como

portadoras de agentes activos, por lo que no es requerida la utilización de dispositivos adicionales para incorporar estos agentes activos al envase.

Cabe destacar que en este estudio, la fruta se peló y cortó manualmente, y no se aplicó ningún tratamiento higienizante ni antioxidante, ni tampoco se lavó después de cortada, procesos habituales en la industria. Esto resalta aún más la ganancia del tiempo de vida del envase activo estudiado aquí.

#### 5. Agradecimiento

Este trabajo fue financiado por el Proyecto PET2007-09-C05-04 INIA-Plan Especial Teruel, 2007 del Ministerio de Educación y Ciencias de España y del Fondo Europeo de Desarrollo Regional. Pablo Montero-Prado agradece al Gobierno de la República de Panamá por la financiación de estudios doctorales mediante el Programa de Becas de Excelencia Profesional SENACYT-IFARHU 2006-2010.

#### REFERENCIAS

- [1] Cox, D. N.; Mckellar, S.; Reynolds, J.; Lean, M. E. J. y Mela, D. "Take Five, a nutrition education intervention to increase fruit and vegetable intakes: impact on attitudes towards dietary change". *British Journal of Nutrition*, vol. 80, n.op. 133-140, 1998.
- [2] Soliva-Fortuny, R. C. y Martín-Belloso, O. "New advances in extending the shelf-life of fresh-cut fruits: a review". *Trends in Food Science & Technology*, vol. 14, n.o 9, p. 341-353, 2003. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VHY-48KFFP1-2/2/414a579c52859b12dff0b28d8d5bb5f>. ISSN 0924-2244.
- [3] Brody, A. L. "Zero oxygen as a food preservation mechanism". *Food Technology*, vol. 56, n.o9, p. 102, 2002. Disponible en: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0036748714&partnerID=40&md5=1e46aa7c4dee42a74e5984a9de815a41>. ISSN 00156639.
- [4] Angós, I; Vírveda, P. y Fernández, T. "Control of respiration and color modification on minimally processed potatoes by means of low and high O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> atmospheres". *Postharvest Biology and Technology*, vol. 48, n.o 3, p. 422-430, 2008. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TBJ-4RS9SMC-1/2/2ab8e94d4c726edf6a8ff8ceff434949>. ISSN 0925-5214.
- [5] Ahvenainen, R. "New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables". *Trends in Food Science & Technology*, vol. 7, n.o 6, p. 179-187, 1996. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VHY-3WJNKP1-Y/2/7>

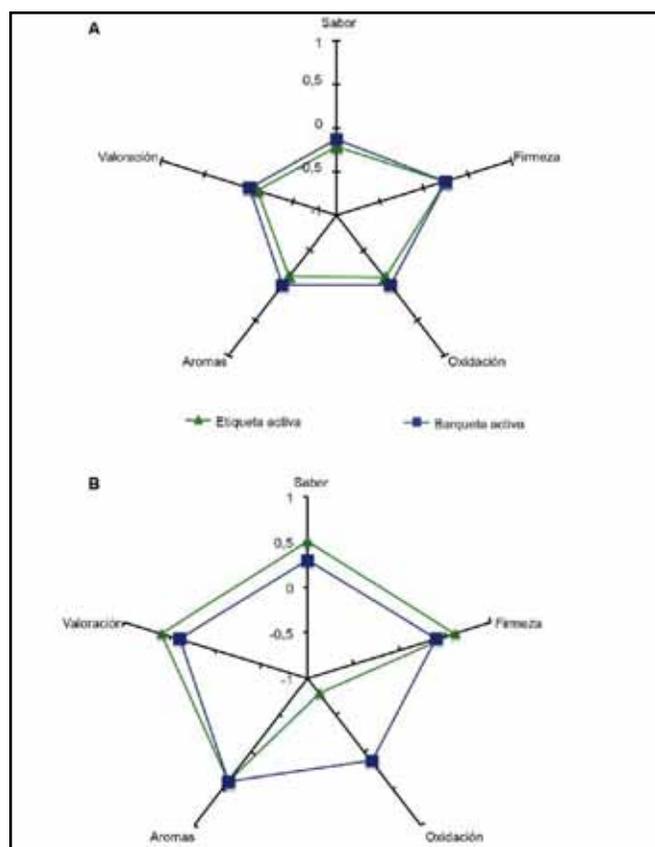


Figura 4. Percepción organoléptica del melocotón pelado y cortado, envasado en envases activos frente al control. Días de envasado, 1 día (A), 6 días (B).

- 8ed2eb2d51b0dda9e099d783efc6c54. ISSN 0924-2244.
- [6] Toivonen, P. M. A. y Brummell, D. A. "Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables". *Postharvest Biology and Technology*, vol. 48, n.º 1, p. 1-14, 2008. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TBJ-4PYJP7W-3/2/e1dedab5c3977910a807921390235b5e>. ISSN 0925-5214.
- [7] Bentayeb, K.; Rubio, C.; Sanchez, C.; Batlle, C. R. R. y Nerin, C. "Determination of the shelf life of a new antioxidant active packaging". *Italian Journal Of Food Science*, 2006.
- [8] Gutiérrez, J.; Bourke, P.; Lonchamp, J. y Barry-Ryan, C. "Impact of plant essential oils on microbiological, organoleptic and quality markers of minimally processed vegetables". *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, vol. 10, n.º 2, p. 195-202, 2009. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6W6D-4TTHWD5-1/2/8fe1ffa9fdca71a005448243edc7b3a>. ISSN 1466-8564.
- [9] Pezo, D.; Salafranca, J. y Nerín, C. "Determination of the antioxidant capacity of active food packagings by in situ gas-phase hydroxyl radical generation and high-performance liquid chromatography-fluorescence detection". *Journal of Chromatography A*, vol. 1178, n.º 1-2, p. 126-133, 2008. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TG8-4R7J863-8/1/76fef43d9d11044122f9031345f58d28>
- [10] Rodríguez-Lafuente, A.; Nerin, C. y Batlle, R. "Active paraffin-based paper packaging for extending the shelf life of cherry tomatoes". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 58, n.º 11, p. 6780-6786, 2010. Disponible en: <Go to ISI>://WOS:000278149500035. ISSN 0021-8561.
- [11] De Rigal, D.; Cerny, M.; Richard-Forget, F. y Varoquaux, P. "Inhibition of endive (*Cichorium endivia* L.) polyphenoloxidase by a *Carica papaya* latex preparation". *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 36, n.º 6, p. 677-684, 2001. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2621.2001.00498.x>. ISSN 1365-2621.

# Implementación y análisis de un detector de manos basado en visión artificial

---

**Lucía Cheung**

**Carlos A. Medina C.**

Facultad de Ingeniería Eléctrica

Universidad Tecnológica de Panamá

lucia.cheung@utp.ac.pa

carlos.medina@utp.ac.pa

**Resumen**— Este artículo documenta el desarrollo y análisis de un detector de manos en imágenes y vídeo basado en visión artificial. Se combinaron ideas y aportes de diversos autores, determinando que una implementación factible del detector de manos es utilizando clasificadores en cascada con “boosting”, junto con descriptores basados en gradientes, que capturan efectivamente las características de las manos. Para ello, se investigó e implementó cada una de las etapas involucradas en este detector, incluyendo la preparación de la base de datos de imágenes, el entrenamiento del sistema, utilizando algoritmos de aprendizaje automático y la implementación del algoritmo de detección. Se evalúan y comparan diferentes implementaciones con ligeras variaciones entre sí, para determinar aquella con mejor desempeño en términos de precisión y tiempo de procesamiento. Para mejorar este último parámetro, también se investigan aspectos relativos a la optimización del código utilizado en el detector.

**Palabras claves**— árboles de decisión con boosting, clasificadores en cascada, descriptores basados en gradientes, detección de manos, histogramas de gradientes orientados.

**Abstract**— This article documents the development and analysis of a computer vision-based hand detector for images and video. Ideas and contributions from several authors were combined, and it was determined that a feasible implementation of the hand detector can be achieved by using a cascade of boosted classifiers, along with gradient based descriptors, which effectively capture the characteristics of the hands. For this purpose, we investigated and carried out each of the stages involved in the development of this detector, including the preparation of the database of images, the training of the system using machine learning algorithms, and the implementation of the detection algorithm. Different implementations with slight variations were assessed and compared in terms of their accuracy and processing time. Aspects relative to the optimization of the code used in the detector were also investigated.

**Keywords**— boosted decision trees, cascaded classifiers, gradient based descriptors, hand detection, histograms of oriented gradients.

---

**Tipo de artículo:** original

**Fecha de recepción:** 30 de julio de 2012

**Fecha de aceptación:** 5 de febrero de 2013

## 1. Introducción

El avance de la tecnología, particularmente el desarrollo de nuevos dispositivos y aplicaciones, ha impulsado el interés en explorar nuevas modalidades de interacción, que permitan al usuario aprovechar al máximo las capacidades y funcionalidades de estas nuevas tecnologías. En este sentido, existe un creciente interés, en especial, por las “interfaces de usuario naturales”, que son capaces de interpretar expresiones naturales del ser humano como los gestos y las palabras, dependiendo poco así de la manipulación de dispositivos hardware por parte del usuario.

Este trabajo es importante porque las interfaces no obstructivas basadas en visión son una alternativa atractiva, pero aún se encuentran con muchas limitaciones para ser consideradas como una alternativa seria a los dispositivos de interacción tradicionales. El principal reto es lograr el balance entre la eficiencia computacional (para garantizar la respuesta en tiempo real) y la robustez del sistema (para operar bajo condiciones no controladas).

En particular, el reconocimiento de gestos de la mano no es una tarea trivial, ya que la mano es altamente deformable, posee muchos grados de libertad, y puede adoptar muchas poses diferentes [1]. Estas características de las manos se suman a las dificultades que de por sí tiene cualquier tarea de visión artificial: lidiar con condiciones de iluminación variables, ambientes visualmente complejos y dinámicos, sombras irregulares, cambios de perspectiva, oclusión, ruido y demás.

El problema de detección de manos y reconocimiento de gestos para la interacción hombre-computador es abordado con métodos muy diversos, ya que no existe un único método para el reconocimiento automático que sea adecuado para todas las aplicaciones. Cada uno depende del dominio de la aplicación, el entorno físico en el cual será utilizado, e incluso el tipo de usuario final que lo empleará [2].

En los primeros sistemas de reconocimiento de gestos, se emplearon diferentes tipos de marcadores, como cintas adhesivas de colores o guantes especiales, para facilitar la detección y el seguimiento de la mano. Sin embargo, en la mayoría de los trabajos posteriores se ha buscado eliminar todo tipo de marcas auxiliares, ya que no se alinea con el objetivo de lograr interfaces no obstructivas.

La mayoría de los métodos o enfoques se pueden clasificar como basados en movimiento, en profundidad, en color, forma, apariencia y “multipistas” (que consideran varias características de manera combinada para tomar la decisión final) [2]. En [2] y [3], se hace una extensa comparación de los diferentes enfoques utilizados.

En general, se puede decir que los métodos basados únicamente en color, movimiento o forma (silueta o geometría) son sencillos y rápidos, pero hacen suposiciones fuertes acerca del entorno (por ejemplo, [4]). Los métodos basados en color, generalmente restringen los colores que pueden presentarse en la imagen; los métodos basados en forma, asumen que el entorno es simple para hacer la segmentación adecuadamente; y, los métodos basados en movimiento para la detección funcionan principalmente bajo entornos estáticos. En algunos casos, los clasificadores consisten en reglas codificadas manualmente basándose en el conocimiento específico del dominio.

Por otro lado, los métodos basados en apariencia toman en cuenta la intensidad de los píxeles y características que surgen de la relación entre los valores de los píxeles, tales como el contraste entre regiones, los bordes, los gradientes, la textura, entre otras. Se extraen múltiples características (*features*) de una base de datos de imágenes, y se entrenan clasificadores utilizando aprendizaje automático. Entre los métodos basados en apariencia más populares para el reconocimiento de objetos están los *Haar-like features* [5] (utilizados en [6] y [7]) y los histogramas de orientación de gradientes (utilizados en [8]).

El objetivo de este trabajo es diseñar e implementar un detector de manos, basado en visión artificial. Para ello, se utiliza una cámara web sencilla para capturar los cuadros de vídeo, que luego se procesan por medio de *software* para identificar la posición y el tamaño de las manos.

Para este proyecto, era prioridad que el detector fuese robusto y estable ante una gran variedad de condiciones. Por lo tanto, se hizo la menor cantidad posible de suposiciones acerca del usuario y el entorno en el cual se utilizará el sistema. Entre las características deseadas del sistema están:

- La capacidad de operar bajo condiciones de iluminación y fondo variables, cambiantes e impredecibles, incluyendo la posibilidad que aparezcan otras partes del cuerpo dentro de la imagen.
- La flexibilidad que el usuario pueda utilizar cualquier vestimenta. Esto es porque en algunos sistemas se exige al usuario utilizar camisas con mangas largas, para facilitar la segmentación de las manos.
- La capacidad de detectar la posición y el tamaño de la mano; es decir, que la mano no necesariamente estará en el centro de la imagen y pueden haber otros elementos dentro de ésta.
- Funcionar sin requerir de guantes o marcas especiales en las manos.

Además, como se espera aplicar este sistema como un método de interacción, este debe tener buen tiempo de respuesta, ya sea en tiempo real (15~30 fps) o tiempo casi real (NRT –*near real-time*) (5~15 fps).

A continuación se documenta el desarrollo general del detector, especificando el método propuesto, la evaluación de diversos aspectos y características

del mismo; se presentan las conclusiones del diseño y análisis realizados, y se indican algunos trabajos futuros con base en este proyecto.

## 2. Plataformas y herramientas

El desarrollo de este proyecto no requirió de equipo especializado, y la programación se basó en librerías gratuitas de código abierto (open source). El desarrollo completo del proyecto, las implementaciones y las pruebas se efectuaron en una computadora portátil con procesador Pentium Dual-Core CPU T4500@2.30 GHz, 2 GB de memoria RAM y sistema operativo Windows 7 de 64 bits; para la captura de las imágenes y vídeo, una cámara web normal de un solo lente *Logitech QuickCam Pro for Notebooks*, que captura imágenes en tres canales de color; es decir, que no se emplearon cámaras estereoscópicas ni con sensores de profundidad.

En cuanto al *software* para procesamiento de imágenes y visión artificial, se utilizó la librería OpenCV en sus versiones 2.2.0 y 2.3.1, y la librería IntelTBB para paralelizar la ejecución de ciertos bucles dentro del algoritmo de detección.

## 3. Métodos utilizados

El planteamiento inicial del proyecto contemplaba el reconocimiento de diferentes gestos estáticos de un vocabulario predefinido, como los de la Figura 1, donde cada gesto representaría un comando dentro de una aplicación. Se procedió a investigar los diferentes enfoques utilizados para el reconocimiento multigestos, pero se encontró que muchos funcionaban únicamente bajo condiciones muy restringidas. Entonces se decidió utilizar la fusión de dos métodos basados en apariencia (*Haar Cascade Classifier* y *Histograms of Oriented Gradients*), que son robustos y pueden utilizarse bajo condiciones variadas, pero que están formulados para el caso binario (dos clases). Esto implicó el uso de un solo gesto, ya que una de las clases representaría dicho gesto, y la otra clase, correspondería “al resto”.



Figura 1. Ejemplo de vocabulario de gestos [7].

Los métodos investigados se pueden extender al caso multiclase, pero esto conlleva sus propias complejidades técnicas. Por esta razón, se decidió desarrollar el sistema para reconocimiento de un solo gesto. Se eligió el gesto de “mano abierta”, que es el más fácil de realizar y más cómodo para el usuario. El hecho de utilizar un solo gesto puede ser una ventaja desde el punto de vista del usuario, ya que no tiene que memorizarse varios gestos diferentes y el significado de cada uno.

Para compensar la pérdida de expresividad por el hecho de emplear un solo gesto (figura 2a), se dedicó mayor esfuerzo a lograr que el sistema pudiera reconocer la mano abierta en movimiento y en diferentes perspectivas (figura 2b).

En cuanto al marco (*framework*) de detección, a pesar de que la cascada con *boosting* y *Haar-like features* ha tenido mucho éxito en la detección de rostros y de algunos otros tipos de objetos, no ha resultado ser tan adecuada para la detección de manos. La principal razón se debe al hecho que, a diferencia de los rostros, las manos tienen poca estructura interna [9] (ej. en los rostros: ojos, nariz, boca). En [10] también se menciona el hecho de que los *Haar-like features* no funcionan tan bien cuando la característica más distintiva del objeto es su contorno, como sucede con las manos. Por este motivo, al igual que en [9], se optó por utilizar la técnica de Histogramas de Gradientes Orientados (HOG—*Histograms of Oriented Gradients*). Estos

features capturan mejor las propiedades de las manos, como el contorno, los dedos, así como algunos gradientes sutiles en la palma.

Los métodos utilizados para el desarrollo de este trabajo incluyen:

- Características basadas en gradientes, específicamente *HOG features*, ya que codifican mejor las propiedades de las manos.
- Bloques descriptores de diferentes tamaños y proporciones como en [11], ya que tienen mayor potencial para capturar patrones útiles del objeto.
- Histogramas integrales [5], para calcular los *features* de manera eficiente.
- Un clasificador dispuesto en cascada, que permite enfocar la atención del detector en regiones “prometedoras” de la imagen, y descartar patrones negativos fáciles de manera eficiente.

#### 4. Implementación

Una vez establecidos los métodos a utilizar, el tipo de gesto a reconocer y las limitaciones, el siguiente paso fue preparar una base de datos con muestras positivas (manos) y muestras negativas (otros objetos o patrones).

Se implementó el algoritmo para calcular los histogramas de orientación de gradientes, y un algoritmo de aprendizaje para construir el clasificador en cascada. Además, se compararon



Figura 2. Muestras del conjunto de entrenamiento: (a) con poco movimiento y rotación, (b) con mayor movimiento y rotación.

distintas implementaciones en donde se variaron aspectos relacionados con el cálculo de los gradientes y los histogramas.

A continuación se presentan los detalles de la implementación del detector.

#### 4.1. Preparación de la base de datos

Para entrenar el sistema se preparó una base de datos de muestras positivas que consiste en 7000 imágenes de manos (izquierda y derecha), tomadas con diferentes fondos y con iluminación variada. La mayoría de las imágenes fueron capturadas con la misma cámara que se utilizó para hacer el resto de las pruebas. Estas muestras eran cuadradas (1:1).

Para las muestras negativas se utilizaron 5410 imágenes que no contienen manos. Una parte se extrajo de Internet, y otra parte fue capturada con la cámara web. A diferencia de las muestras positivas, estas imágenes eran de cualquier tamaño y proporción. De estas imágenes se extraían subregiones cuadradas seleccionadas al azar para utilizar como muestras negativas. Se trató que las imágenes fueran lo más variadas posible. Algunos ejemplos de muestras positivas y negativas se muestran en la Figura 3.

#### 4.2. Partición de la base de datos

Para evaluar la capacidad de generalización del clasificador, es necesario separar previamente las muestras en dos grupos: el conjunto de entrenamiento y el conjunto de prueba. El conjunto

de entrenamiento es utilizado por el algoritmo de aprendizaje automático para aprender los parámetros del modelo. La capacidad de generalización de este modelo es posteriormente evaluado utilizando el conjunto de prueba, que consiste en muestras completamente nuevas, que el modelo no ha visto anteriormente.

Para el entrenamiento de cada etapa se utilizaron 6000 muestras positivas y 6000 muestras negativas. Cada vez que se entrena una etapa nueva y se añade al clasificador, una fracción de las muestras es rechazada por el clasificador, por lo que se debe reponer con muestras nuevas para mantener las 6000 muestras de cada tipo. Para las muestras positivas, es necesario reponer aproximadamente el 0.5 %, y para las muestras negativas, cerca del 50 %.

#### 4.3. Caracterización de la mano utilizando histogramas de orientación de gradientes

Como se indicó, en este proyecto se decidió utilizar los HOG *features*, ya que en trabajos como los de [8] se ha demostrado que los histogramas de gradientes son más adecuados para codificar las características de las manos que los contrastes entre regiones (*Haar-like features*).

El gradiente de la imagen puede calcularse de diferentes maneras. Una de ellas es convirtiendo primero, la imagen a una imagen en escala de grises, para luego calcular el gradiente. Otra manera es calculando directamente el gradiente de la imagen a

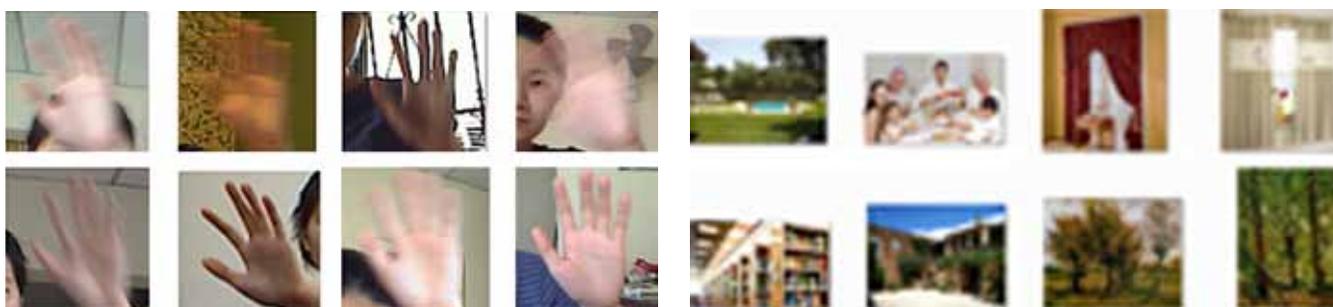


Figura 3. Muestras (a) positivas (b) negativas.

color tomando en cuenta los tres canales de color y utilizando el enfoque de gradiente de color basado en vector o gradiente vectorial propuesto por [12]. Este último método ha demostrado una mejor relación señal a ruido que el gradiente escalar, que está definido como la norma L2 de los gradientes escalares de cada canal. Debido a que el gradiente vectorial se plantea como una opción más resistente al ruido, pero de mayor demanda computacional, surgió un problema interesante a examinar, que es el *trade-off* entre la eficiencia computacional y la calidad del *feature*. En la sección de resultados se presenta la comparación del desempeño de las dos implementaciones de gradiente. Aunque existen otros métodos, solo se probaron los dos mencionados, para luego elegir el que presentara mejor desempeño.

**4.4. Construcción de los histogramas de orientación y resolución de los mismos**

Primero, la imagen se divide en cuadrículas o celdas. Los histogramas de orientación se calculan de manera local en cada una de estas celdas. Luego, se construyen los bloques descriptores concatenando y normalizando los histogramas de cuatro celdas adyacentes. Para construir el histograma de una celda, cada pixel dentro de la celda contribuye a la magnitud de su gradiente al intervalo (*bin*) correspondiente en el histograma.

La propuesta original de Dalal y Triggs [13] utiliza histogramas de nueve intervalos para la detección de peatones. Las manos tienen características diferentes, por lo que no necesariamente se dará un desempeño óptimo utilizando la misma cantidad de intervalos. Por esto, se realizaron pruebas con histogramas de nueve intervalos y, en un esfuerzo por mejorar la eficiencia computacional, también con histogramas de seis intervalos. A simple vista parece que esta reducción drástica en la resolución del histograma puede impactar negativamente de manera significativa el desempeño. Sin embargo, el resultado no es necesariamente obvio, ya que el tener demasiados

intervalos puede también ser contraproducente. Los resultados de las evaluaciones se presentan en la sección de resultados, y se compara el desempeño en términos de la tasa de falsa alarma y de detección, y también se compara el tiempo de procesamiento.

**4.5. Bloques descriptores**

Un bloque descriptor se forma al concatenar el histograma de gradientes de cada una de las cuatro celdas que componen el bloque como se ilustra a continuación en la figura 4. Cada bloque descriptor, con los cuatro histogramas, se normaliza independientemente de los otros bloques. Según los resultados en [13], la mejor forma de normalizar es utilizando la norma L2-Hys, pero por eficiencia computacional, en este proyecto se utilizó la norma L2 (distancia euclideana).

Como se mencionó anteriormente, en este proyecto se adoptó la idea de [11] de utilizar bloques de diferentes tamaños y proporciones. En la figura 5 se muestran los diferentes tamaños de bloques que se utilizaron. Las dimensiones están dadas en fracciones con respecto al tamaño de la

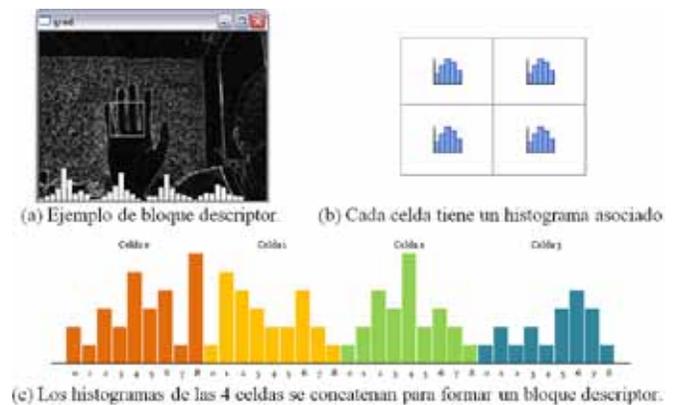


Figura 4. Bloque descriptor.

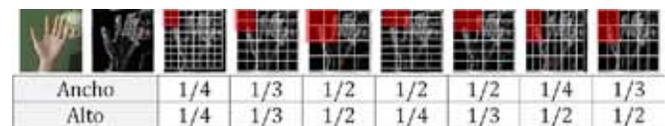


Figura 5. Bloques descriptores.

ventana (la cual mantiene siempre la relación de aspecto 1:1). El traslape es de medio bloque en todos los casos. En total resultaron 155 bloques.

Dependiendo de la cantidad de intervalos que se utilice para el histograma, pueden haber 5580 *features* (155 bloques  $\times$  4 celdas/bloque  $\times$  9 *features*/celda) o 3720 *features* (155 bloques  $\times$  4 celdas/bloque  $\times$  6 *features*/celda), para 9 y 6 intervalos respectivamente.

#### 4.6. Histograma integral de gradientes

El algoritmo no es eficiente si para calcular un bloque descriptor se necesita realizar la suma de los gradientes de todos los píxeles en cada celda. Por ello, se utiliza una imagen integral para cada intervalo del histograma, para obtener de manera eficiente la suma de las magnitudes en cada una de las celdas. La imagen integral permite calcular las sumas en regiones rectangulares con pocos accesos a memoria, lo que permite reducir de manera significativa el tiempo de procesamiento, ya que no sólo se emplea la imagen integral dentro de la ventana de detección para calcular rápidamente los bloques, sino que se emplea a nivel de la imagen completa donde se están buscando las manos. De esta manera, una vez calculado el histograma integral de la imagen, éste se puede utilizar para calcular eficientemente todos los bloques de todas las ventanas de detección dentro de la imagen.

#### 4.7. Entrenamiento del clasificador

A continuación se describe la estructura del clasificador utilizado y los componentes que lo conforman.

##### Estructura del clasificador

La estructura del clasificador consiste en una cascada, cuyas etapas están dispuestas en orden de complejidad creciente. Por lo general, en las imágenes predominan las ventanas negativas; la estructura en cascada permite rechazar, de manera eficiente, estas ventanas que no son de interés y enfocar los recursos en las ventanas positivas.

Cada etapa de la cascada consiste en un clasificador con *boosting*, que a su vez está compuesto de varios clasificadores más simples, los clasificadores débiles. Para este proyecto se utilizaron árboles de decisión de un solo nivel como clasificador débil, debido a su simplicidad.

Como se explicó anteriormente, el método utilizado en este proyecto es similar al de [11], que modifica el algoritmo desarrollado en [13]. Una modificación adicional que se introdujo en este proyecto, es la utilización de árboles de decisión con *boosting*, en lugar de clasificadores tipo SVM. En este proyecto no se realizaron pruebas para comparar el desempeño de ambos métodos. Sin embargo, para muchas tareas, los clasificadores con *boosting* basados en árboles de decisión han demostrado ser suficientemente buenos a pesar de su simplicidad [14].

##### Entrenamiento de la cascada de clasificadores

Las etapas de la cascada se entrenan de manera secuencial. Los ejemplos que se utilizan para entrenar cada etapa son los ejemplos que logran pasar las etapas anteriores. Esto significa que al finalizar el entrenamiento de cada etapa, las muestras deben ser evaluadas nuevamente por la cascada incluyendo la última etapa entrenada. Como cada etapa está entrenada para rechazar el 50 % de las muestras negativas, hay que reponer el conjunto de muestras negativas con nuevas muestras extraídas de la base de datos. Para el entrenamiento de las etapas se utilizó el código ya implementado por *OpenCV*.

#### 4.8. Detección

La preparación de la base de datos y el entrenamiento del clasificador constituyen la parte "offline" de la implementación del proyecto. La otra parte consiste en el propio proceso de detección de manos dentro de un vídeo.

El programa de detección que se implementó analiza cada cuadro del vídeo de manera independiente. Cada cuadro de 320 $\times$ 240 es escaneado y analizado en su totalidad para

determinar la presencia de manos. Entre los parámetros que se deben elegir están: el tamaño de las ventanas de detección y el paso entre ventanas.

El algoritmo es capaz de detectar manos de cualquier tamaño; sin embargo, para usos prácticos del detector se fijó un rango que va de  $60 \times 60$  hasta  $173 \times 173$  píxeles (ver figura 6), que corresponde a una distancia de aproximadamente 1 metro hasta 30 centímetros entre la mano y la cámara (puede variar según el tamaño de la mano y las condiciones de fondo e iluminación).

La orientación de la mano debe ser vertical, pero se tolera una ligera rotación tanto en el plano como fuera del plano de  $\pm 30^\circ$  aproximadamente.

El detector puede operar bajo una gran variedad de condiciones de entorno e iluminación, y no impone restricciones en cuanto a la vestimenta del usuario. Además, no es necesario ningún tipo de calibración inicial. El ajuste de brillo y contraste, enfoque, exposición y balance de blancos se deja al software de la cámara, ya que son funciones que realizan bastante bien las cámaras modernas.

#### Post-procesamiento de ventanas

Al momento de escanear la imagen se producen múltiples detecciones positivas sobre el mismo objeto, por lo que es necesario agrupar dichas

detecciones. Dos ventanas se consideran del mismo grupo si la distancia y la diferencia de tamaño se encuentra dentro de un rango establecido.

Los grupos que están compuestos por menos de tres ventanas al final son eliminados. De esta manera se consigue reducir las falsas alarmas sin afectar de manera apreciable la tasa de detección.

#### 4.9. Optimización

Debido a las restricciones de tiempo, es muy importante la forma como se implementa el algoritmo de detección. A pesar de que diferentes implementaciones del código permiten obtener el mismo resultado, puede haber una diferencia muy significativa en el tiempo de procesamiento. Dos factores que permitieron reducir el tiempo de procesamiento fueron, el uso de una tabla de búsqueda para guardar los factores de normalización que son compartidos por todos los intervalos de los histogramas de un mismo bloque, y la paralelización del código.

En cada cuadro de vídeo el clasificador debe evaluar miles de ventanas para determinar si corresponde o no a una mano. Esta es la parte que toma más tiempo y de la cual depende principalmente el *frame rate* del video. Para



Figura 6. Rango de tamaño detectable.

reducir este tiempo, se utiliza la librería Intel TBB para paralelizar el proceso de escaneo, tal que en lugar de procesar, ventana por ventana, de manera secuencial, se procesan varias ventanas simultáneamente, utilizando múltiples hilos (*threads*).

También se utiliza esta librería para paralelizar el cálculo del gradiente de la imagen, ya que el gradiente de cada pixel puede ser calculado de manera independiente.

## 5. Evaluación del desempeño del sistema

Se evaluó y comparó el desempeño del sistema bajo diferentes implementaciones del cálculo del gradiente y diferentes resoluciones del histograma. Para el cálculo del gradiente, se probaron dos opciones: el gradiente de la imagen en escala de grises, y el gradiente vectorial, para la imagen a color. Por otro lado, se probó el histograma con seis intervalos y con nueve intervalos para cada tipo de gradiente.

Para medir el desempeño se utilizó el conjunto de prueba, que consiste en muestras positivas y negativas en el mismo formato que el conjunto de entrenamiento. Las muestras son evaluadas por el clasificador en cascada, y de ahí se determina la tasa de acierto (número de verdaderos positivos / número de muestras positivas) y la tasa de falsa alarma del sistema (número de falsos positivos / número de muestras negativas).

Para comparar el desempeño de diferentes implementaciones, se utilizó la curva ROC (*Receiver Operating Characteristics*), que grafica la tasa de acierto contra la tasa de falsa alarma (figura 7). Mientras más se acerque la curva a la esquina superior izquierda, mejor, ya que representa una mejor tasa de detección para una determinada tasa de falsa alarma. Para construir la curva ROC se evaluó el clasificador añadiendo una etapa a la vez, hasta tener la cascada completa.

Otro aspecto importante que se debe considerar es el tiempo de procesamiento, por lo

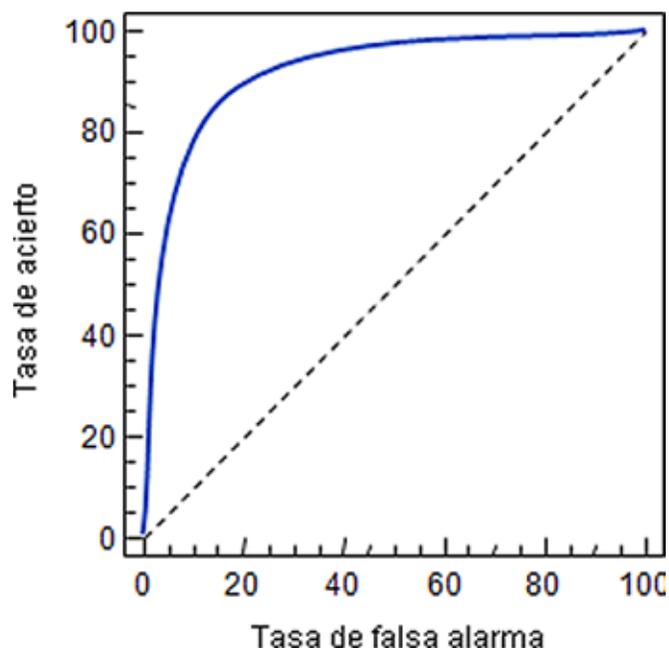


Figura 7. Curva ROC.

que las distintas implementaciones también fueron puestas a prueba con una secuencia de video. De las cuatro implementaciones diferentes, se eligió la de mejor desempeño para comparar el tiempo de procesamiento con y sin paralelización.

## 6. Resultados y discusión

En esta sección se analizan las características y el desempeño de los clasificadores entrenados. Se comparan las diferentes implementaciones en términos del tiempo de entrenamiento, el número de clasificadores débiles, la tasa de acierto y de falsa alarma, y el tiempo de procesamiento.

### 6.1. Resultados del entrenamiento

El tiempo de entrenamiento de un clasificador en cascada de 20 etapas, utilizando 6000 muestras positivas y 6000 negativas por etapa, resultó entre 9 y 14 horas. El proceso que tomaba más tiempo no era el entrenamiento de los clasificadores débiles en sí, ya que el espacio de búsqueda era relativamente reducido (5580 *features* para histogramas de

nueve intervalos y 3720 para histogramas de seis intervalos). Antes de entrenar una etapa, el algoritmo dedica una gran parte del tiempo al proceso de reponer las muestras negativas rechazadas por una etapa anterior.

El tiempo de entrenamiento requerido y el número de clasificadores débiles total se presentan en la tabla 1. Como puede observarse, las implementaciones con histogramas de seis intervalos requirieron menor tiempo de entrenamiento.

Muchos de los *features* son reutilizados ya sea dentro de una misma etapa o en etapas diferentes, por lo que la cantidad de clasificadores débiles no representa la cantidad de *features* diferentes utilizados.

A continuación se examinan los clasificadores débiles seleccionados por el algoritmo de aprendizaje. Debido a la gran cantidad de datos y la cantidad de dimensiones que se maneja, es complicado, pero a la vez importante, poder visualizar y verificar los cálculos y los resultados de los algoritmos. A pesar de que no es posible verificar cada uno de los clasificadores débiles de cada una de las etapas, la visualización permite comprobar, a grandes rasgos, que el resultado del entrenamiento tiene sentido.

En la figura 8 se muestran los clasificadores débiles de la primera etapa de la cascada (para la implementación con gradiente vectorial de color e histogramas de seis intervalos). El cuadro blanco

indica la posición del bloque descriptor, mientras que las líneas rojas y celestes muestran la posición y orientación del gradiente evaluado. El color rojo indica que la muestra recibe un “voto positivo” por parte del clasificador débil si el gradiente en esa posición es *mayor* que el umbral. Por otro lado, el color celeste indica lo contrario, que la muestra recibe un “voto positivo” si el gradiente es *menor* que el umbral. Los mismos clasificadores funcionan para detectar tanto la mano derecha como la mano izquierda.

Como muestran estas figuras, los bloques descriptores más discriminantes son de diferentes tamaños y proporciones, lo que verifica lo señalado en [11], que utilizando bloques de diferentes tamaños y proporciones —en lugar de bloques cuadrados de un solo tamaño— es posible capturar patrones más útiles. Es interesante notar, a parte de la posición del gradiente, el área que abarca el bloque, ya que los gradientes son normalizados localmente, por bloque. Muchos de los bloques son relativamente grandes que capturan la diferencia en la cantidad y la magnitud de los gradientes dentro de la palma de la mano con respecto al contorno y los dedos.

Tabla 1. Tiempo de entrenamiento.

Gradiente	Intervalos del Histograma	Tiempo (horas)	Número de clasificadores débiles
Gris	6	9:22	3565
Gris	9	14:23	3169
Color	6	11:11	2980
Color	9	12:16	2736

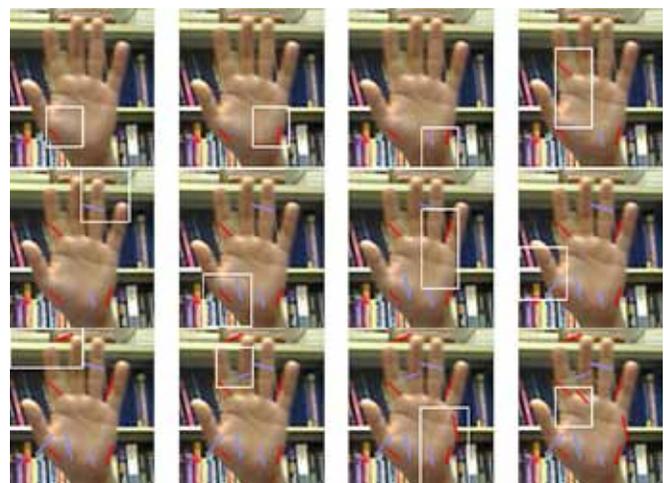


Figura 8. Clasificadores débiles de la primera etapa (gradiente de color, 6 intervalos).

En forma similar se analizaron los clasificadores débiles de las demás etapas. Como era de esperarse, los gradientes rojos se concentran principalmente en el contorno de la mano (que significa que deben haber gradientes fuertes en la orientación señalada), mientras que los celestes se concentran más en la palma (es decir, que no deben haber gradientes fuertes en la orientación señalada).

**6.2. Evaluación del desempeño de los clasificadores**

En esta sección se compara el desempeño en términos de la tasa de acierto y de falsa alarma de las distintas implementaciones, en las cuales se variaron el tipo de gradiente y el número de intervalos para los histogramas.

**Número de intervalos del histograma**

Como se explicó anteriormente, el objetivo de reducir el número de intervalos en los histogramas, es reducir el procesamiento requerido y hacer más eficiente la evaluación de los clasificadores. Sin embargo, es importante verificar primero que esto no deteriore el desempeño del sistema. En las gráficas de la Figuras 9 y 10, se puede observar que un histograma de seis intervalos proporciona un desempeño ligeramente superior que uno de nueve intervalos, particularmente para tasas de falsa alarma bajas.

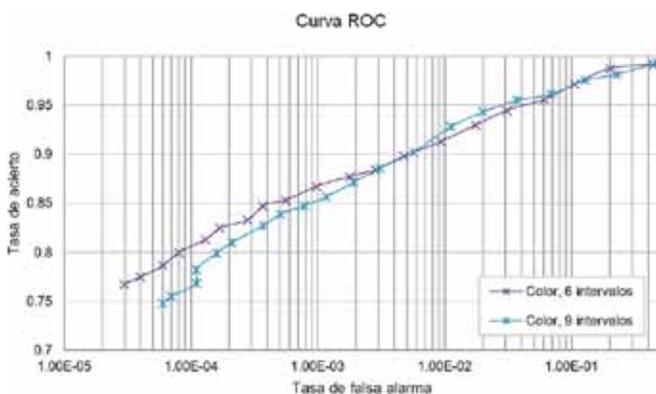


Figura 9. Comparación 6 intervalos vs 9 intervalos, gradiente vectorial de color.

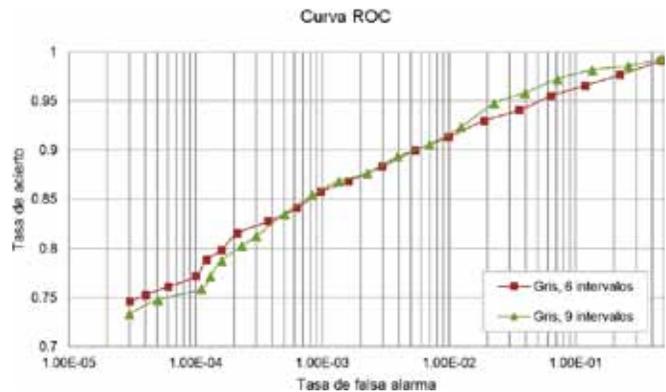


Figura 10. Comparación 6 intervalos vs 9 intervalos, gradiente escalar gris.

Para tasas de falsa alarma elevadas, el histograma de nueve intervalos tiene mejor desempeño, pero al ir añadiendo etapas, llegado un punto, el histograma de seis intervalos empieza a ser mejor. Esto es cierto tanto para el gradiente vectorial de color, como para el gradiente escalar gris.

**Tipo de gradiente**

En cuanto al tipo de gradiente, el gradiente vectorial de color presentó mejor desempeño cuando se utilizaban seis intervalos, mientras que utilizando nueve intervalos, ninguno presentó una ventaja significativa. Estos resultados se muestran a continuación.

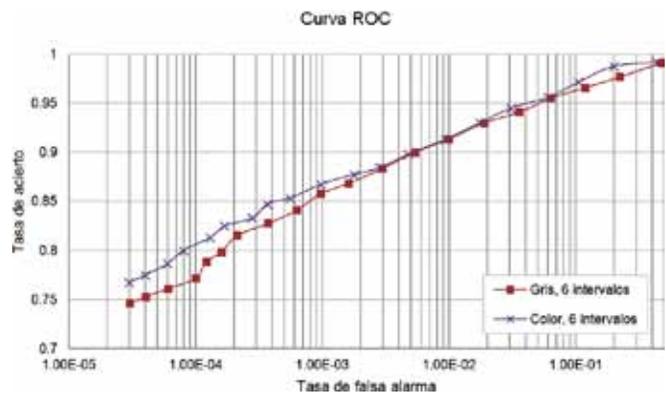


Figura 11. Comparación gradiente vectorial de color vs. gradiente escalar gris, 6 intervalos.

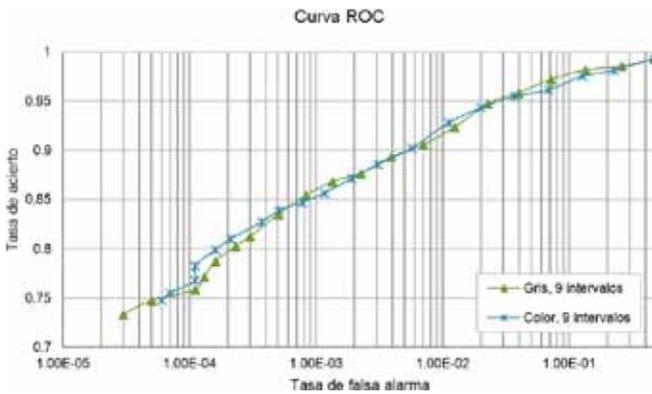


Figura 12. Comparación gradiente vectorial de color vs. gradiente escalar gris, 9 intervalos.

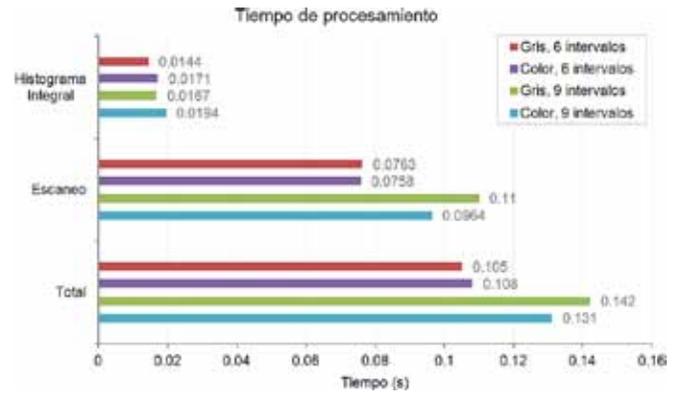


Figura 14. Tiempo promedio de procesamiento.

En general, la implementación que tuvo mejor desempeño fue utilizando gradiente vectorial para imagen a color e histogramas de seis intervalos. Con el clasificador completo, de 20 etapas, se obtuvo una tasa de acierto de 0.77 y una tasa de falsa alarma de  $3 \times 10^{-5}$ .

**Comparación del tiempo de procesamiento**

Para comparar el tiempo de procesamiento de las diferentes implementaciones, se utilizó un vídeo de prueba, que es un vídeo grabado, de 640x480 píxeles. El programa de prueba realiza el mismo procedimiento que cuando se trata de una captura en tiempo real: reduce la resolución a 320x240 y lo refleja, antes de iniciar la detección. Se analizaron

los dos procesos que consumen mayor tiempo, que son la construcción del histograma integral y la clasificación de cada una de las ventanas de detección (5273 en total), los cuales representan aproximadamente el 85-89 % del tiempo total de procesamiento por cuadro de vídeo. Para ello se utilizó paralelización en el código de detección, cuyos resultados se muestran a continuación.

Estos resultados demuestran que fue acertado hacer la prueba de reducir el número de intervalos en los histogramas, ya que es considerablemente más eficiente. En cuanto a la tasa de acierto y de falsa alarma, ya se demostró anteriormente que utilizando menos intervalos no sólo no se deteriora el desempeño, sino que se mejora ligeramente. En la siguiente tabla se resumen las velocidades obtenidas para cada una de las implementaciones, evaluadas sobre el vídeo de prueba.

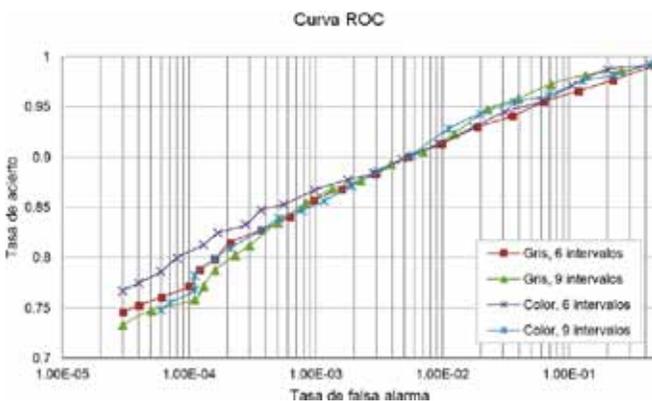


Figura 13. Curvas ROC de las 4 implementaciones.

Tabla 2. Velocidad de cuadro promedio.

Tipo	Velocidad de cuadro (fps)
Gris, 6 intervalos	3565
Color, 6 intervalos	3169
Gris, 9 intervalos	2980
Color, 9 intervalos	2736

Realizando estas pruebas se extrajo una lección importante, y es que los resultados no son tan fácilmente predecibles. Al principio se pensaba que utilizando el gradiente escalar gris iba a resultar más eficiente por ser más sencillo que el gradiente vectorial de color. Efectivamente, se redujo el tiempo para la construcción del histograma integral que incluye el cálculo del gradiente, sin embargo, se aumentó el tiempo de escaneo y clasificación, que realmente depende de cuántos clasificadores hay por etapa y cuántas etapas en promedio se deben evaluar para rechazar las muestras negativas. Se puede decir que el gradiente escalar gris produjo clasificadores menos eficientes.

### 6.3. Optimización con Intel TBB

También se realizaron pruebas para comparar el tiempo de procesamiento con y sin paralelización utilizando Intel TBB, para verificar que la ganancia en velocidad compensa el overhead que implica la propia paralelización. Como ya se ha explicado, el cálculo del histograma integral y el escaneo de las ventanas son dos buenos candidatos a ser paralelizados, ya que son los que determinan el tiempo total de procesamiento, y además presentan la propiedad de independencia de datos, que los hace elegibles a ser paralelizados.

Para la evaluación se utilizó el mismo vídeo que en las pruebas anteriores, con la implementación que utiliza gradiente vectorial de color e histogramas de seis intervalos. La siguiente tabla muestra los resultados.

Tabla 3. Tiempo de entrenamiento.

Proceso	Sin TBB	Con TBB
Histograma integral de orientación gradientes	25 ms	17 ms
Escaneo y clasificación de ventanas	136 ms	76 ms
Otros	15 ms	15 ms
Total	176 ms	108 ms
Frame Rate promedio	5.7 fps	9.3 fps

La diferencia es significativa, sobre todo en el escaneo, en donde el tiempo se reduce en un 45% aproximadamente.

Intel TBB escala la aplicación a través de los múltiples núcleos disponibles de manera automática. Por ejemplo, en la computadora de doble núcleo que se utilizó en este proyecto, la aplicación solamente puede aprovechar el 50% de la capacidad del CPU (100 % de un solo núcleo) si no se utiliza *multithreading* con la librería de Intel TBB. En cambio, si se utiliza, puede aprovecharse la capacidad de ambos núcleos.

### 7. Conclusiones

La creación de interfaces naturales que utilizan visión artificial para la interpretación de gestos de las manos no es una idea nueva, sin embargo, su realización aún se enfrenta con diversos retos, principalmente el de lograr un buen rendimiento y ser robusto a la vez.

En este trabajo se desarrolló un sistema capaz de detectar las manos dentro de un vídeo, con un desempeño en tiempo casi real. Se inició con una investigación extensa de diferentes métodos utilizados para el reconocimiento de objetos y se llevó a cabo el proceso completo de desarrollo, desde la creación de las bases de datos de muestras hasta el entrenamiento del sistema y las pruebas del mismo.

Se combinaron ideas y aportes de diversos autores, determinando que una implementación factible del detector de manos es utilizando clasificadores en cascada con *boosting*, con descriptores basados en gradientes, que capturan efectivamente las características de las manos. Se evaluó el desempeño del sistema desarrollado, en términos de su precisión y tiempo de procesamiento, y se realizaron múltiples pruebas y comparaciones de variaciones de la implementación. A este respecto, se encontró que el mejor desempeño (entre las implementaciones evaluadas) se da cuando se utilizan gradientes vectoriales de color e histogramas de seis intervalos.

Debido a lo importante que es lograr un buen tiempo de respuesta, también se tomó muy en cuenta el aspecto de optimización, haciendo lo posible para elegir estructuras de datos adecuadas y utilizando librerías para paralelizar el código.

## 8. Trabajos futuros

Algo en lo que se está trabajando es en la evaluación de diferentes entornos. A pesar de que se ha determinado la tasa de acierto y de falsa alarma utilizando el conjunto de prueba, el desempeño del sistema durante una ejecución determinada en realidad puede variar mucho según las condiciones del entorno. En otras palabras, el desempeño reportado es para el conjunto de prueba en general, que contiene muestras muy variadas, tomadas en diferentes entornos; sin embargo, siempre habrá condiciones en las que el desempeño del sistema es bueno, y otras en las que no es tan bueno. Por esto, para entender mejor cómo responde el sistema bajo diferentes condiciones, también es necesario realizar un análisis cualitativo del comportamiento del sistema en diferentes entornos, considerando

variaciones de iluminación, color, elementos de fondo y contraste.

Sin duda, a partir del trabajo realizado, los estudios futuros pueden tomar una variedad de direcciones diferentes, enfocándose en diferentes aspectos que se pueden mejorar y extender. Se pueden considerar modificaciones a la implementación actual, por ejemplo, utilizando bloques descriptores de otros tamaños y proporciones, cambiando el esquema de normalización de los bloques, utilizando otro tipo de gradiente, etc. También se pueden considerar cambios más significativos, como por ejemplo, probar con otros tipos de clasificadores.

Por otro lado, para una aplicación real, lo más probable es que sea necesario integrar un algoritmo de seguimiento (*tracking*), que ayude a estabilizar las detecciones, reducir el error, y posiblemente también para mejorar la eficiencia, identificando las regiones con mayor probabilidad de que aparezca la mano.

Otro posible estudio es el desarrollo y aplicación de clasificadores multiclase, posibilitando la interacción a través de un vocabulario más extenso.

## REFERENCIAS

- [1] L. Bréthes, P. Menezes, F. Lerasle, and J. Hayet, "Face Tracking and Hand Gesture Recognition for Human-Robot Interaction," Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (ICRA'04), vol. 1, pp. 1901-1906, 2004.
- [2] Juan Pablo Wachs, Mathias Kölsch, Helman Stern, and Yael Edan, "Vision-Based Hand-Gesture Applications," *Communications of the ACM*, vol. 54, n.o2, pp. 60-71, febrero 2011.
- [3] X. Zabulis, H. Baltzakist, and A. Argyros, "Vision-based Hand Gesture Recognition for Human-Computer Interaction," in *The Universal Access Handbook (Human Factors and Ergonomics)*, Constantine Stephanidis, Ed.: CRC Press, 2009, ch. 34, pp. 34.1-34.30.
- [4] Thiago R. Trigo and Sergio R. M. Pellegrino, "An Analysis of Features for Hand Gesture Classification," 17th International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP'10), pp. 412-415, 2010.
- [5] Paul Viola and Michael Jones, "Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features," IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'01), pp. 511-518, 2001.
- [6] Mathias Kölsch and Matthew Turk, "Robust Hand Detection," 6th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FGR'04), pp. 614-619, 2004.
- [7] Hardy Francke, Javier Ruiz-del-Solar, and Rodrigo Verschae, "Real-time Hand Gesture Detection and Recognition using Boosted Classifiers and Active Learning," *Electrical Engineering*, Universidad de Chile, 2007.
- [8] Jorn A. Zondag, "Empirical Analysis of Histogram of Oriented Gradient Features, Weak Classifiers and Machine Learning Algorithms for Hand Detection," Department of Electrical Engineering, Eindhoven University of Technology, Master Graduation paper 2009.
- [9] J. A. Zondag, T. Gritti, and V. Jeanne, "Practical study on real-time hand detection," 3rd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction and Workshops (ACII'09), pp. 1-8, 2009.
- [10] Gary Bradski and Adrian Kaehler, *Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*, Primera edición ed.: O'Reilly Media, Inc., 2008.

- [11] Qiang Zhu, Shai Avidan, Mei-chen Yeh, and Kwang-ting Cheng, "Fast human detection using a cascade of histograms of oriented gradients," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'06), pp. 1491-1498, 2006.
- [12] H. C. Lee and D. R. Cok, "Detecting boundaries in a vector field," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 39, no. 5, pp. 1181-1194, 1991.
- [13] Navneet Dalal and Bill Triggs, "Histograms of Oriented Gradients for Human Detection," IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05), vol. 2, pp. 886-893, 2005.
- [14] OpenCV. (2012) OpenCV v2.4.1 Documentation. [Online]. <http://docs.opencv.org/modules/ml/doc/boosting.html>

# Aceptación y apreciación de hongos comestibles *Pleurotus djamor* por expertos de cocina internacional y su perspectiva de comercialización en restaurantes de hoteles de Panamá. Año 2010

---

**Mag. Marta A. Álvarez Z.**

Universidad Tecnológica de Panamá

Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales  
Apartado 0919-0789

Panamá, República de Panamá

Marta.alvarez@utp.ac.pa; <http://www.cepia.utp.ac.pa>

**Mag. Aracellys Vega Ríos**

Universidad Autónoma de Chiriquí

aravega@cwpanama.net; <http://www.unachi.ac.pa>

**Resumen**— El hongo comestible *Pleurotus djamor* (*P. djamor*) tiene alto valor nutritivo comparado con los hongos Crimini y Shiitake, posee macro y micronutrientes, vitaminas B9 y C en mayor cantidad que esas dos especies. Además, puede aportar al organismo más proteínas que otros vegetales y un 100 % de vitamina C más que las necesarias para el cuerpo humano. En otras culturas es común el consumo de hongos comestibles en la dieta diaria, sin embargo, es casi nula en la cultura de los hogares panameños. Las preparaciones para degustar el *P. djamor* en la sesión de grupo, en dos formas: una salteado con aceite de oliva y pimienta, y la otra forma, salteado con aceite de oliva y ajo. El color y el tamaño son dos características muy importantes que se toman en cuenta en la preparación de menús o presentaciones de

comidas internacionales a base de hongos comestibles, según los expertos de cocina en los restaurantes de hoteles, por lo cual son características a considerar para el cultivo; además, del olor y la textura. Se resaltó que esa variedad no se rompe en la cocción. El hongo *P. djamor* especie panameña, según la opinión del 100 % de expertos de cocina internacional, fue como evaluado excelente en las dos preparaciones más sencillas degustadas y consideran que puede competir en el mercado panameño con los hongos comestibles frescos importados. Los expertos de cocina internacional, en más del 50 % de los casos, preparan diversos menús y salsas con hongos comestibles. La introducción del *P. djamor* en el mercado panameño es posible a nivel de restaurantes de hoteles, restaurantes gourmet y de pizzerías, según opinó el 50 % de los expertos; y que la calidad

depende para la toma de decisión de compra, además esperan que el precio sea más bajo que el de los importados.

**Palabras claves**— Hongo comestible, *Pleurotus djamor*, organolépticas, cocina internacional, restaurantes de hoteles, restaurantes gourmet.

**Abstract**— The edible mushroom *Pleurotus djamor* (*P. djamor*) has high nutritional value compared with Crimini and Shiitake mushrooms, has macro and micronutrients, vitamins B9 and C in greater numbers than these two species. In addition, the agency can provide more protein than other vegetables and 100 % vitamin C than those necessary for the human body. In other cultures it is common edible mushroom consumption in the diet, however, is almost zero in the culture of Panamanian households. Preparations to taste the *P. djamor* in the group session, in two ways one sauteed with olive oil and pepper, and otherwise sauteed with olive oil and garlic. The color and size are two important characteristics that are taken into account in preparing meals menus or international presentations based edible fungi, experts say cooking in restaurants in hotels, so are

features to consider for the cultivation, in addition, smell and texture. It was stressed that this variety is not broken in cooking. The fungus *P. djamor* Panamanian species in the opinion of 100 % international cuisine experts, was rated excellent in the two preparations simpler tasted and believe that can compete in the Panamanian market with imported fresh edible fungi. Experts of international cuisine at over 50 % prepare various menus and sauces with mushrooms. The introduction of Panamanian market *P. djamor* possible level restaurants hotels, gourmet restaurants and pizzerias, as 50 % were of the opinion of the experts, and that quality depends for making purchasing decisions, and expect the price to be lower than those imported.

**Keywords**— Edible mushroom, *Pleurotus djamor*, organoleptic, international cuisine, restaurants, hotels, gourmet restaurants.

**Tipo de artículo:** original

**Fecha de recepción:** 15 de agosto de 2012

**Fecha de aceptación:** 5 de febrero de 2013

## 1. Introducción

La Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI) y el Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA) de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), en el año 2010 tuvieron interés en investigar posibilidades de comercializar productos agroindustriales como el *P. djamor* para el mercado panameño y evaluaron su aceptación y apreciación solo con expertos de cocina internacional en restaurantes de hoteles de Panamá.

La introducción del hongo *P. djamor* como una especie autóctona de Panamá para una actividad de producción comercial sería una oportunidad para productores radicados en zonas con condiciones propicias para el cultivo de este hongo y por ende desarrollar un negocio para comercializar en restaurantes de hoteles especializados en comidas internacionales o *gourmet*. [1]

La UNACHI, ubicada en el distrito de David, de la provincia de Chiriquí, ha desarrollado tecnología de cultivo de cepas de hongos comestibles

aprovechando residuos agroindustriales que generan productos con gran potencial de consumo para el ser humano y animales (figura 1). También existe la alternativa de utilizar el hongo *P. djamor* como materia prima para la elaboración de medicinas y descontaminantes del medio ambiente. [1]

Hongos comestibles como el *P. djamor* son conocidos en otros países comúnmente, como “carne vegetal”. Para el consumo humano, las carnes vegetales se pueden preparar utilizando recetas diversas, elaborando alimentos especiales con bajas calorías y de bajo contenido graso, las cuales son recomendadas para diabéticos, hipertensos, entre otros; y también son consumidas hoy día como alimentos vegetarianos y de dietas para contrarrestar los males de sobrepeso u obesidad. En la actualidad, existe la tendencia en el mercado internacional de sustituir ciertos tipos de carnes como la bovina por la carne vegetal, o por carnes orgánicas y naturales, las cuales también pueden ser obtenidas a precios más bajos. [2]

En vista de eso, y sobre la base de los resultados de investigaciones de los valores nutricionales que tiene el *P. djamor*, este hongo puede ser producido en Panamá e introducido, a gran escala, para comercializarlo de forma masiva como un alimento dietético u orgánico.

El hongo *P. djamor* tiene alto valor nutritivo comparado con los hongos *Crimini* y *Shiitake*, posee macro y micronutrientes, vitaminas como la B9 y C en mayor cantidad que esas dos especies. [3] Además, puede aportar al organismo más proteínas que otros vegetales y un 100% de vitamina C más que las necesarias para el cuerpo humano. [3] En otras culturas es común el consumo de hongos en la dieta diaria, sin embargo, es casi nula la cultura de consumo de hongos comestibles en los hogares panameños.

Para el fomento o promoción de la comercialización del consumo del hongo comestible *P. djamor* en la alimentación del consumidor panameño, se deberán elaborar estrategias de mercadeo para el producto con enfoques de las tendencias del consumo.

El objetivo del presente estudio fue medir la aceptación y apreciación de características organolépticas del hongo comestible *P. djamor* especie panameña con la opinión de expertos de cocina internacional de restaurantes de hoteles a fin de evaluar alternativas posibles para comercializar este tipo de hongo para el mercado panameño.



Figura 1. Personal del laboratorio de recursos naturales de la UNACHI.

## 2. Materiales y métodos

Para evaluar la aceptación del hongo *P. djamor* se desarrollaron pruebas de degustación con la técnica de sesión de grupo (*Focus Group*) con expertos de cocina internacional de restaurantes de hoteles.

En la evaluación de la aceptación e identificación de probalidades de éxito para comercializar, a nivel de los restaurantes de hoteles el hongo comestible *P. djamor*, se seleccionó a expertos de cocina internacional para las pruebas, ya que son conocedores de la preparación de otros hongos comestibles y los utilizan en algunas preparaciones de comidas. Esta metodología utilizada es la que sugieren los especialistas en investigaciones de mercado para las pruebas de productos completamente nuevos o en fase prematura de su desarrollo, como puede ser en el caso de *P. djamor* para el mercado panameño. [4] Además, los expertos de cocina son los tomadores de decisión para la adquisición de la compra de productos para la preparación de comidas en estos hoteles.

Entre las razones por la cual la degustación no se realizó con consumidores de hogares panameños, tenemos: desconocimiento de la especie, porque no se tiene la cultura en el consumo de hongos comestible en la dieta diaria de hogares en Panamá y por los costos para realizar pruebas a gran escala.

El tamaño de la muestra fue de 20 personas las cuales participaron en la degustación de la sesión de grupo (*Focus Group*) para probar e identificar características organolépticas del hongo comestible *P. djamor* especie panameña, con la participación del jefe de cocina y otros cocineros de restaurante de hotel. En las entrevistas realizadas a expertos de cocina de hoteles indicaron conocer el tipo de consumidor que puede aceptar un menú a base de hongos comestibles frescos o procesados en estos establecimientos.

Para el alcance de la investigación realizada, se previó que esta especie de hongo comestible puede ser comercializada inicialmente a nivel de restaurantes de alta cocina internacional o especializados en comidas *gourmet*.

En la degustación, realizada en la sesión de grupo, se evaluó el *P. djamor*, variedad panameña con muestras que fueron cultivadas y proporcionadas por el laboratorio de recursos naturales de la UNACHI. Para la prueba del producto, las preparaciones a degustar se hicieron en dos formas: una salteada con aceite de oliva y pimienta y la otra, salteada con aceite de oliva y ajo; a fin de que los participantes de la sesión probaran y emitieran opinión del hongo al ser consumido (figura 2).



Figura 2. Hongos *P. djamor* preparado en aceite de oliva con ajo o con pimienta para ser degustado por expertos de cocina internacional de restaurantes de hoteles.

Tomando en cuenta el total de participantes en el *Focus Group*, el 83 % fueron masculinos. Los rangos de edad entre 18-30 años en el 50 % y de 31-40 años el resto. El nivel educativo de los participantes fue a nivel universitario del 50 %, técnicos eran 16.7 %, secundario 16.7 %, y el resto no indicó la escolaridad. La figura 3 muestra a los participantes en el *Focus Group*.

### 3. Resultados

#### 3.1. Apreciación y aceptación del *P. djamor* especie panameña, según expertos de cocina de restaurantes de hoteles en Panamá

Las opiniones de los participantes de la sesión de grupo al degustar las recetas preparadas con el hongo comestible *P. djamor* se resumen en la tabla 1.



Figura 3. Hongo *P. djamor* degustado por expertos de cocina internacional de restaurantes de hoteles en Panamá.

El color y el tamaño son dos características muy importantes que se toman en cuenta en la preparación de menús o presentaciones de comidas internacionales a base de hongos comestibles,

Tabla 1. Opinión de las características organolépticas del hongo *P. djamor* especie panameña, según expertos de cocina internacional de restaurantes de hoteles de Ingeniería Industrial y de Sistemas del ITESM.

Características organolépticas	Porcentaje (%)
TEXTURA buena .....	50.0
SABOR si se compara con otros hongos conocidos	
Excelente .....	33.4
Bueno .....	33.4
"Es algo diferente" .....	16.7
"Tiene sabor a carne" .....	16.7
No respondió .....	16.7
Color a la vista del consumidor	
Bueno .....	83.3
Regular .....	16.7
Olor es agradable	100.0
Tamaño apropiado para menús preparados con hongos	
Excelente .....	50.0
Bueno .....	50.0

según los expertos de cocina en los restaurantes de hoteles, por lo cual son características a considerar para el cultivo; además, del olor y la textura de este hongo. Se resaltó que esta variedad no se rompe durante la cocción (tabla 1).

### 3.2. Formas de preparación de hongos comestibles que acostumbran expertos de cocina internacional de restaurantes de hoteles en Panamá.

Los participantes de la sesión de grupo que degustaron el *P. djamor* panameño, el 66.7 %, opinaron que acostumbran preparar alimentos con hongos comestibles en diversos menús y el 33.3 % no; utilizan varias especies de las comercializadas en los establecimientos en donde adquieren estos productos en el país.

El tipo de preparación más utilizada por los expertos de cocina internacional es la salsa con hongos para carnes en el 50 % el resto, con otros alimentos. Entre otras preparaciones con hongos acostumbran acompañar en ensaladas y al natural, la apreciación fue del 16.7 % para cada una de éstas y en otras preparaciones (salteadas y en *risotto*), otro 16.6 %.

El 100 % de los consultados evaluó a las dos formas de preparaciones degustadas como excelentes, hongos preparados en su forma más sencilla, salteados con esencias y en otra forma, con aceite de oliva y ajo.

### 3.3. Apreciaciones de variables de mercado para comercializar el hongo *P. djamor* especie panameña, según expertos de cocina de restaurantes de hoteles en Panamá.

La característica organoléptica del color del *P. djamor* especie panameña la consideran solo el 16.7 % es que se debe mejorar para que sea seleccionado o preferido por el consumidor, en la toma de decisión de compra. (Figura 4). El resto, emitió otras opiniones dirigidas hacia variables del mercadeo no específicamente hacia el producto.



Figura 4. Hongo *P. djamor* panameño fresco. UNACHI, Panamá.

De los consultados, el 16.7 % indicó que el precio estaba caro y el otro 16.7 %, que el envase se debe mejorar.

El tipo de envase que sería más ventajoso para el almacenamiento y manejo al comercializar el hongo, según la opinión, fue mayor para la bandeja sellada según expertos de cocina y agregaron que la presentación debe ser excelente y diferente al de otros productos que existen en el mercado, porque que esos son importados tabla 2.

El 100 % de los consultados creen que el producto puede competir con otros que están en el mercado, o sea con hongos frescos importados (figura 5).

Entre las variedades de hongos comestibles frescos importados que se ofertan en el mercado

Tabla 2. Tipo de envase ventajoso para el almacenamiento y manejo del hongo *P. djamor* en la comercialización, según expertos de cocina de restaurantes de hoteles.

Tipo de envase	Porcentaje de opinión (%)
Bandeja sellada	50.0
Al vacío	16.7
Bandejas de espuma envuelto con plástico	16.7
No respondió	16.6



Figura 5. Hongos comestibles frescos importados. Panamá.

panameño tenemos: Champiñón, Portobello y Crimini.

En los tipos de establecimientos en donde se puede comercializar el hongo *P. djamor* especie panameña, según el 50 % de los expertos en todos los restaurantes de los descritos en la tabla 3.

En cuanto a la calidad que debe reunir el hongo *P. djamor*, el 50 % de los consultados lo calificó que sí tiene buena calidad.

Con relación al precio, indicaron que esperarían pagar menos por este producto, que por los importados, vendidos en el mercado. Algunos indicaron también que la aceptación dependerá de la calidad.

**Tabla 3. Tipos de establecimientos para comercializar el hongo *P. djamor*, según expertos de cocina de restaurantes de hoteles.**

Tipos de establecimientos	Porcentaje de opinión (%)
Restaurantes de hoteles	16.7
Restaurantes gourmet	16.7
Pizzerías	0
En todos los anteriores	50.0
En otro tipo	16.6

#### 4. Discusión

El *P. djamor* puede aportar al organismo más proteínas que otros vegetales y un 100 % de vitamina C más que las necesarias para el cuerpo humano, información importante para considerar en estrategias para promocionar el producto en el mercado. [3]

Se pudo determinar que en el *P. djamor* especie panameña, las características organolépticas como el olor, color, tamaño y la textura son importantes, ya que se toman muy en cuenta para la preparación de comidas a base de hongos comestibles, según la opinión de expertos de cocina internacional (tabla 1).

Esta evaluación de la aceptación y apreciación del consumo del *P. djamor* especie panameña, por primera vez, ha sido efectuada en Panamá. En nuestro país sólo se habían realizado estudios acerca del cultivo del *P. djamor*, su aislamiento y selección de hongos comestibles lignocelulolíticos, caracterización de algunas especies de importancia comercial y del valor nutricional de esta especie y el estudio sobre 13 cepas nativas. [1] [3] [6]

#### 5. Conclusiones y Recomendaciones

##### 5.1. Conclusiones

El *P. djamor* especie panameña puede competir en el mercado con los hongos comestibles frescos importados.

Los expertos de cocina internacional en más del 50 %, preparan diversos menús y salsas con hongos comestibles, esperan que el hongo *P. djamor* sea ofrecido a un precio más bajo que los encontrados en el mercado y con calidad. Consideran que el *P. djamor* puede ser comercializado en restaurantes de hoteles, gourmet y en pizzerías.

Por sus valores nutricionales el *P. djamor*, puede ser producido en Panamá e introducido a gran escala para comercializarlo de forma masiva como un alimento dietético u orgánico.

Existe potencial para el consumo en áreas de turismo y en hogares de población extranjera residente en Panamá, por lo que es posible incursionar en el

mercado en general con esta especie y con otras. Esta especie vegetal panameña *P. djamor* no es consumida en la dieta diaria y tiene gran potencial nutricional para la seguridad alimentaria de nuestra población. Por lo cual, habrá que realizar investigaciones de mercados futuro para analizar las condiciones de consumo real que puedan darse a nivel de hogares panameños y a turistas.

## 5.2. Recomendaciones

En Panamá, se han realizado investigaciones del cultivo del *P. djamor* a nivel de laboratorio e investigación sobre el valor nutricional, conocimientos que deben ser más difundidos a especialistas y productores de nuestro país para fomentar y motivar el cultivo y el consumo.

Se deben elaborar investigaciones del cultivo de otras especies de hongos comestibles con tecnologías de procesos apropiados para innovar con nuevos productos en el mercado; ya que existe en el panameño una población con gran diversidad de culturas extranjeras, entre las cuales existen algunas que si proceden de aquellas en donde se consumen los hongos comestibles como parte de la dieta diaria.

En esta investigación realizada al año 2010, se determinó que existía un segmento de mercado que estaba en desarrollo en nuestro país, el de los condimentos (aderezos), en consecuencia, sería propicio realizar investigaciones sobre el desarrollo de nuevos productos para aderezos o de alimentos preparados con el hongo *P. djamor* que puedan ser comercializados a establecimientos de expendios de comidas que preparan y ofrecen menús con hongos comestibles.

También será necesario realizar investigaciones sobre la duración y manejo del producto según los tipos de empaques más convenientes para la comercialización en el mercado panameño.

## 6. Agradecimiento

Esta investigación fue unos de los temas a desarrollar de la tesis para optar por el grado de Doctorado, en la Universidad de Catalunya, de España, sobre la "Implementación de un sistema de cultivo de hongos comestibles utilizando residuos comerciales", desarrollada por la Magister Aracellys Vega Ríos, catedrática de la Universidad Nacional de Chiriquí.

### Referencias Bibliográficas

- [1] Vega Ríos, Aracellys. Anteproyecto de tesis doctoral "Implementación de un sistema de cultivo de hongos comestibles utilizando residuos comerciales". Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI). 2009.
- [2] *El Nuevo Agro*. [En línea] <http://www.elnuevoagro.com.ar/noticia/impulsan-cultivo-dusrialdegirgolas/138>. [Consulta: Mayo 2010].
- [3] López Guevara, José. Diana Murillo Miranda. "Estudio comparativo de nutrientes (Agaricus bisporus "Café" y Lentinus edodes) con el macrohongo Pleurotus djamor Nativo de Panamá" Centro Regional de Coclé. Universidad de Panamá, 2008.
- [4] Aguilar, Fernando. Carmen Ivankovich. *Investigaciones de mercado para la calidad*. 1ed. San José, C. R.; Editorial Alma Mater. 1996.
- [5] Álvarez Z., Marta A. "Estudio de mercado de hongos comestibles con perspectiva de comercializar en establecimientos de comidas gourmet o especializados en alta cocina internacional y en otros establecimientos en el mercado panameño". Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA) de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), agosto 2010.
- [6] Vega Ríos, Aracellys. Gerardo Matas. Dulce Salmones. Rosa Elena Caballero. "Cultivo de cepas nativas de Pleurotus djamor en Panamá en paja de arroz y <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/883/88302314.pdf> [Consulta: Marzo 2010]