

<b>Código Proyecto</b>	CA12i10236
<b>Título</b>	Estimación de la Madurez Fenólica de la Uva en base a Imágenes de la Semilla
<b>Palabras claves</b>	Calidad Vino; Madurez Fenólica; Semillas; Imágenes de escáner
<b>Director/a del Proyecto</b>	Dr. Marco Antonio Mora Cofré
<b>Institución beneficiaria principal</b>	Universidad Católica del Maule
<b>Fecha de término del proyecto</b>	30 de Diciembre 2014
<b>Contacto para solicitar mayor información del proyecto</b>	marcomoracofre@gmail.com

**Hipótesis del proyecto:** Considerando la cepa Cabernet Sauvignon, es posible, mediante técnicas de tratamiento de imágenes y reconocimiento de patrones, analizar la superficie de la semilla, y en base a descriptores de color, textura y forma, estimar el momento óptimo de cosecha de la uva para la obtención de un vino con las cualidades deseadas.

### **Objetivo General**

Mejorar la calidad del vino de viñas de segmento medio y bajo, en base a un prototipo que permita obtener información objetiva del estado de Madurez Fenólica de la uvas, y determinar el punto de cosecha óptimo de la uva basándose en imágenes digitales de la semilla.

### **Objetivos Específicos**

Para cumplir con el objetivo general, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Desarrollar un método de segmentación de semillas en imágenes de escáner.
2. Determinar descriptores de color, textura, y forma que estén relacionados con la Madurez Fenólica de la uva.
3. Desarrollar un sistema de reconocimiento de patrones que permita estimar en forma eficiente el grado de Madurez Fenólica en base a descriptores de color, textura, y forma.
4. Validar los resultados del sistema computacional con mediciones de laboratorio de Madurez Fenólica
5. Desarrollar un prototipo eficiente basado en computación paralela para su explotación en viñas de mediano y pequeño tamaño.



Figura 1. Escáner con semillas de uvas listas para medición de color.

### **Vigencia del proyecto.**

La vigencia del proyecto se sustenta los siguientes elementos:

- 1) Los dos estudios del párrafo anterior son absolutamente recientes (año 2012).
- 2) Nuestro proyecto propone avances significativos a dichos estudios.
  - a. El primero es que las estimaciones se realizan en ventanas de tiempo muy amplias, lo que no permite tomar decisiones de cosecha. La metodología en nuestro proyecto, estudia de manera muy fina el periodo de cosecha. Esto implica que se obtendrá información muy detallada de la evolución del proceso de madurez.
  - b. En segundo lugar, estos trabajos toman las imágenes luego de un lapso de 2 horas. A nuestro entender, este lapso de tiempo es demasiado amplio, pues no considera el fenómeno de la oxidación, que oscurece la semilla inmediatamente al entrar en contacto con el aire.



- c. Desde una perspectiva técnica la literatura citada no aplica correctamente la metodología de reconocimiento de patrones. En particular los estudios no incluyen el uso de técnicas de selección de características. Dichas técnicas permitan por ejemplo, determinar objetivamente los modelos de color que se deben utilizar para caracterizar la semilla. Los trabajos parten desde un modelo de color determinado, sin explicar el porqué de dicha elección, entre otros.
- d. El prototipo de estimación de Madurez Fenólica de nuestro proyecto tiene elementos tecnológicos que lo hacen altamente aplicable en la realidad. La captura de la imagen se usa un escáner convencional, lo que hace que el prototipo tenga un bajo costo, a diferencia de los ambientes controlados de iluminación tradicionales que son caros e inaccesibles a las viñas de mediano y bajo tamaño. Además se puedan analizar una gran cantidad de semillas, lo hace que el grado objetividad de la información producida sea elevada.

## Referencias bases

[1] Ristic, R., Iland, P., 2005. Relationships between seed and berries development of *vitis vinifera* L. cv shiraz: developmental changes in seed morphology and phenolic composition. *Aust. J. Grape Wine Res.* 11 (1), 43–58.

[2] Fredes, C., Bennewitz, E.V., Holzapfel, E., Saavedra, F., 2010. Relation between seed appearance and phenolic maturity: a case study using grapes cv. carmenere. *Chilean J. Agric. Res.* 70 (3), 381–389.

[3] Rodriguez, F., Ferrer, R., Lourdes, M., Rivas, C., Escribano, M., Heredia, F., 2012. Preliminary Study to Determine the Phenolic Maturity Stage of Grape Seeds by Computer Vision. *Analytica Chimica Acta* 732 (0), 78 – 82.

[4] Rodriguez, F., Ferrer, R., Lourdes, M., Rivas, C., Escribano, M., Heredia, F, Ripeness Estimation of Grape Berries and Seed by Image Analysis, *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 82, 2012, 128-133.

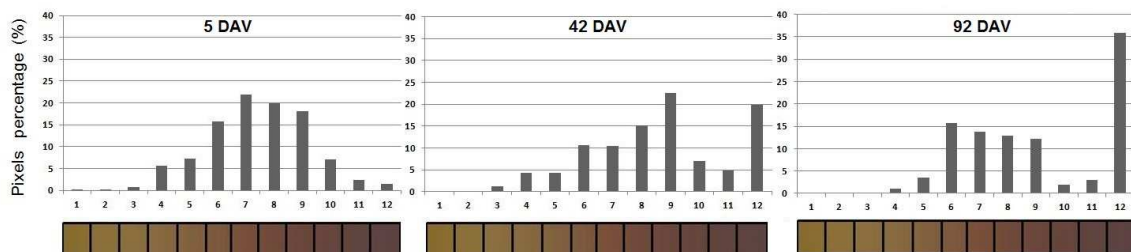


Figura 2. Histograma de colores de semilla en tres momentos de maduración.



## **Avances logrados hasta ahora en relación a solución propuesta**

Los avances logrados en la verificación de la hipótesis, en todo el proyecto se relacionan con los siguientes puntos:

- 1) Se ha demostrado que el prototipo basado en un escáner permite obtener imágenes que generan información pertinente para el análisis de la madurez, en base a la inspección de la superficie de la semilla.
- 2) Se ha podido desarrollar un método que permite validar las estimaciones de color tomadas por el escáner. Mediante un colorímetro se han evaluado los métodos para estimar colores representativos de las semillas, y determinar objetivamente un método que se acerca a las mediciones del terreno de la verdad.
- 3) Además del color, se han determinado en forma precisa otras características que permiten analizar en forma más precisa la Madurez Fenólica, haciendo uso adecuado de la metodología de reconocimiento de patrones. En particular se han encontrado descriptores de textura que entregan importante información para el estudio de la madurez Fenólica.
- 4) Se ha determinado en forma clara la forma en que el prototipo debe entregar información, y que dicha información sea de ayuda al enólogo. El prototipo va a clasificar las semillas en % de inmaduras, % de maduras, y % sobremaduras.
- 5) Se han desarrollado algoritmos de segmentación de semillas robustos a los problemas de las imágenes adquiridos por el escáner (sombras y golpes de luz). Se ha desarrollado un clasificador en base a descriptores y redes neuronales que permiten la separación adecuada de las semillas presentes en la imagen del escáner y poder realizar la clasificación de las semillas en las clases anteriores con altos porcentajes de acierto.

## **Conocimiento científico relevante, considerando cambios y avances recientes en el estado del arte**

Nuestro proyecto ha generado conocimiento científico relevante que permite concluir la viabilidad de la hipótesis inicial. Este conocimiento se presenta en forma de publicaciones que validan el trabajo del proyecto por expertos nacionales e internacionales. A continuación se presentan dichas publicaciones.

**Publicaciones en Revistas Indexadas en ISI:** Nuestro proyecto ha sido validado por la comunidad científica internacional con 2 publicaciones que aportan al estado del arte del problema:



- F. Avila, M. Mora, C. Fredes, “**A method for Grape Maturity Estimation base on Seed Images**”, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 101, February 2014, Pages 76–83. En esta publicación se propone un método para realizar segmentación y análisis de la semilla cuando se tienen imágenes de muy baja calidad. Las conclusiones de este trabajo permitieron orientar al proyecto en la mejora del dispositivo de adquisición, y las técnicas que se deben utilizar para segmentar adecuadamente las semillas.
- A. Zúñiga, Marco Mora, Miguel Oyarce, and Claudio Fredes, “**Grape Maturity Estimation base on Neural Networks**”, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 35 (2014) 95-104. En esta publicación se describe en detalle el sistema para clasificación de semillas utilizando las imágenes del escáner convencional. Se muestran que es posible clasificar con alto grado de acierto las semillas en clases de interés para el enólogo.
- Felipe Avila, Marco Mora, Miguel Oyarce, Alex Zúñiga, Claudio Fredes. 2015. A method to construct fruit maturity color scales based on support machines for regression: Application to olives and grape seeds. Journal of Food Engineering 162 (2015) 9–17. Proceedings of XX Argentine Congress of Computer Science, October 2014. En esta publicación se desarrolla un método simple de estimación de madurez de frutos en base a escalas de colores en olivas y en semillas de uvas.

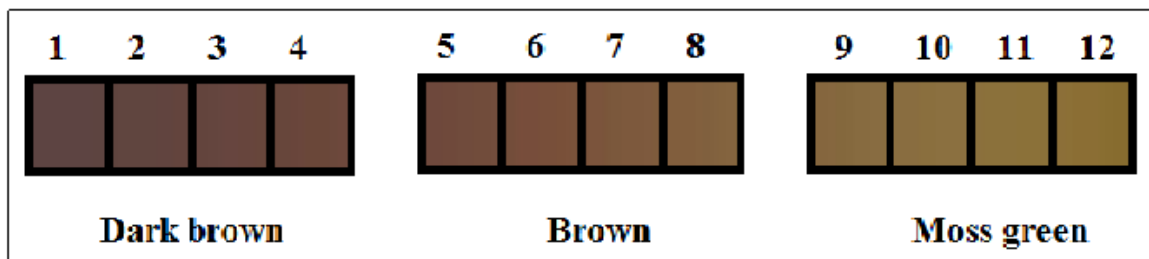


Figura 3. Escala de colores usada para calificar los colores de la semilla.

**Presentaciones en Conferencias Internacionales:** El trabajo de nuestro proyecto se ha ido validando paso a paso en 6 Conferencias Internacionales:

- F. Avila, M. Mora, C. Fredes, and P. Gonzalez, **Shadow Detection in Complex Images Using Neural Networks: Application to Wine Grape Seed Segmentation**, 11th International Conference on Adaptive and Natural Computing Algorithms (ICANNGA), pp. 495-503, 2013 (ISI Proceedings). En esta publicación se desarrolla un método para segmentar las semillas en condiciones extremas de baja calidad de la imagen.
- Miguel Oyarce, Marco Mora, Alex Zúñiga, and Claudio Fredes, **Fruit Color Estimation based on Mathematical Morphology**, in proceedings of the XXXII International Conference of the Chilean Computer Science Society, 2013. En esta



publicación se desarrolla un método para estimar correctamente el color representativo de la semilla.

- Alex Zúñiga, Marco Mora, Miguel Oyarce, and Claudio Fredes, **Estimation of Grape Maturity Based on Neural Networks**, in proceedings of the XXXII International Conference of the Chilean Computer Science Society, 2013. En esta publicación se estudian descriptores de textura que permiten complementar y hacer más preciso el estudio de la Madurez Fenólica, que solo utilizando el color de las semillas. Además permite comprobar que el problema se puede resolver mediante un sistema de reconocimiento de patrones. Es decir el cómputo de descriptores y el uso de clasificación supervisada.
- C. Fredes and M. Mora, **Testing Ripeness of Cabernet Sauvignon Seeds: Examination by color of dorsal and ventral portions**, IX International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology, April, 2013. En esta publicación se muestra que no es conveniente analizar toda la semilla para estudiar la Madurez Fenólica. Se determinan zonas precisas de la semilla las cuales tienen la información asociada a la madurez.
- Felipe Ávila, Marco Mora, Alex Zuñiga, Miguel Oyarce, and Claudio Fredes, **A Method to estimate Grape Phenolic Maturity based on Color Features**, Proceedings of XX Argentine Congress of Computer Science, October 2014. En esta publicación se muestra la metodología para desarrollar escalas de colores de frutos.
- Marco Mora, Miguel Oyarce, and Claudio Fredes, **Fruit Maturity Estimation based on Color Scales**, Proceedings of XX Argentine Congress of Computer Science, October 2014. En esta publicación se desarrolla un método simple de estimación de madurez de frutos en base a escalas de colores. La simpleza del método lo hace ampliamente aplicable a sistemas reales.

**La experiencia acumulada en estimación de madurez en base a color y textura de frutos ha tenido una externalidad positiva, y es la adjudicación de tres proyectos de Investigación nacionales.**

**1) Estimación del Contenido de Aceite de Olea Europea var. Arbequina basada en Técnicas de Procesamiento Digital de Imágenes y Reconocimiento de Patrones.** Marco Mora y Claudio Fredes. Centro de Estudios de Alimentos Procesados (CEAP), Talca. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), Gobierno de Chile. En este proyecto fortalece la línea de investigación que se inicia con el proyecto FONDEF y que tiene que ver con el desarrollo tecnología para la agricultura.

**2) Sistema de estimación automática de madurez de Olivas en base a imágenes digitales con Smartphone.** Jorge Aliaga y Marco Mora. II Concurso VIU Fondef Regional-Convocatoria 2013. Programa de Valorización de la Investigación en la Universidad, Región del Libertador General Bernardo O'Higgins, Región del Biobío y Región de Los Ríos, Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), Gobierno de Chile. El sistema se basa en la inspección de características de apariencia de la superficie de la oliva en imágenes digitales. El sistema requiere que la captura de las





**LITRP**  
Laboratorio de Investigaciones  
Tecnológicas en Reconocimiento de Patrones  
Universidad Católica del Maule



**FONDEF**  
Fondo de Fomento al Desarrollo  
Científico y Tecnológico

imágenes se realice en un ambiente controlado de iluminación que consiste en un cubículo con difusores de luz, sobre el cual se instala un celular de tipo Smartphone. Se entregara información de fase de madurez de las olivas, lo que permite estimar el momento adecuado de la cosecha.

**3) FONDEF ID15i10142 “Estimación del Contenido de Aceite en Olivas mediante tecnologías no destructivas”. 2016-2017.** Beneficiarias UCM y CEAP en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid. **Equipo de trabajo:** Marco Mora, Claudio Fredes, Lisandro Roco, Evelyn Villagra, Marcos Carrasco. Este proyecto ha permitido equipar el Laboratorio de Investigaciones Tecnológicas en Reconocimiento de Patrones con tecnología de punta (Espectrómetros VIS, NIR, Sistemas de iluminación calibrados, etc.), para la detección de parámetros en frutas de manera no destructiva, junto con la consolidación de un equipo de investigación multidisciplinario, lo que ha llevado posicionado este Centro de Investigación como pionero en su línea en Chile.

Gracias a la visibilidad que da el proyecto, el director del proyecto ha sido invitado a dar charlas a tres Universidades nacionales fuera de la Región del Maule (Arica, Coquimbo y Copiapó). Estas invitaciones permitirán que los investigadores formulen proyectos en conjunto con investigadores de otras regiones, en los cuales las problemática científicas resueltas en este proyecto son la base para la formulación de dichos proyectos.

Por último, las pasantías desarrolladas han permitido generar lazos importantes en Francia, España y Argentina. El valor de estas pasantías es que los investigadores del proyecto han visto posibles extensiones y mejoras de la tecnología desarrollada. Como producto de las pasantías y la colaboración con Argentina, este año 2014 hemos ganado Proyecto Internacional en la que participan la Universidad de Buenos Aires, la Universidad Nacional de Salta, ambas de Argentina, y la Universidad Católica del Maule. El proyecto se llama **Creación de una Red para la integración y conocimiento de temas de Procesamiento de Imágenes, Visión y Reconocimiento de Patrones en Ciencias de la Computación**, cuya directora es la Doctora María Elena Buemi del Departamento de Computación de la Universidad de Buenos Aires, el cual es completamente financiado por el gobierno argentino. En este proyecto, basándose en la experiencia científica acumulada, se desarrollaran trabajos conjuntos para desarrollar tecnología en vino y en olivas. Este proyecto puede ser encontrado en la web utilizando un buscador en el cual se ingresa el nombre del proyecto.



## RESUMEN

<p>Descripción del resultado(s) principal(es) del proyecto (producto, servicio, proceso, etc)</p>	<p>El proyecto ID15i10142 consiste en un prototipo software-hardware que permite determinar la madurez y estimar el momento de cosecha de la uva en función del análisis de características de apariencia de las semillas. Las características de apariencia de las semillas se obtienen desde imágenes de un escáner convencional.</p>
<p>Transferencia de los resultados de producción: Describa como se están utilizando los resultados actualmente, los principales usuarios y capacidades creadas dentro de la universidad</p>	<p>En este momento se está realizando una validación industrial del sistema en la Viña Montes. Esta viña es líder en Chile en la producción de vinos premium de exportación, luego la información suministrada por el sistema le es útil para lograr obtener una alta calidad en el producto, a través de la realización de la cosecha en un punto óptimo de madurez fenólica.</p> <p>Dentro de la Universidad gracias al proyecto FONDEF IDeA CA12i10236 se creó un laboratorio de investigación, Laboratorio de Investigaciones Tecnológicas en Reconocimiento de Patrones (<a href="http://www.litrp.cl">www.litrp.cl</a>). Este laboratorio se encuentra en el Parque Científico Tecnológico de la Universidad y actualmente agrupa investigadores de computación, agronomía, economía y matemática para abordar problemas complejos de investigación desde diversos puntos de vista, con el objeto de desarrollar tecnología apropiadas para la industria agrícola chilena entre otros. El laboratorio cuenta con nuevos proyectos concursables adjudicados, equipamiento de medición y procesamiento de datos, publicaciones científicas en revistas indexadas y en conferencias internacionales, estudiantes graduados de pre y posgrado, redes internacionales de colaboración científica (Universidad Politécnica de Madrid (España), Universidad Complutense de Madrid (España), Universidad de Sevilla (España), Universidad Carlos III de Madrid (España), Universidad de Toulouse (Francia), Universidad de Tours (Francia), Universidad del Litoral (Francia), Universidad de Buenos Aires (Argentina), Universidad Nacional de La Matanza (Argentina), Universidad Federal de Alagoas (Brasil), Universidad de Melbourne (Australia)) y avances sustantivos en la relación con industria agrícola (ChileOliva, Olivícola Don Rafael, Viña Montes, Vinos Lautaro).</p>





<p>Describe los impactos producidos a nivel económico social y científico tecnológico.</p>	<p>El impacto a nivel científico ha sido relevante, el proyecto generó 3 publicaciones en revistas indexadas, 6 presentaciones en conferencias internacionales, 2 pasantías a Europa, 2 graduaciones de posgrado, 4 graduaciones de pre-grado. Las publicaciones del proyecto permitieron abrir una línea de investigación con amplias aplicaciones industriales en temas tales como color de frutas, estimación del momento de cosecha, sistemas de inspección y control de calidad, estimación no destructiva de parámetros de calidad y producción de frutas.</p> <p>El impacto tecnológico del proyecto se observa en que el laboratorio desarrolló una tecnología única y útil para la industria del vino, lográndose la solicitud de una patente. Luego de la validación industrial que se está realizando con la Viña Montes, el proyecto estará de condiciones de transferir la tecnología desarrollada a la industria nacional. Se escogió Viña Montes pues es excelente caso de empresa vitivinícola chilena que tiene un modelo de negocio orientado a la calidad del producto. Se espera que con un proyecto de segunda etapa empaquetar y transferir los resultados tecnológicos a viñas nacionales en primera instancia.</p>
<p>Propiedad Intelectual: ¿Tiene patentes u otros derechos de propiedad intelectual? En caso de tener patentes, ¿cuál es el estado actual (solicitada/otorgada)? ¿Ha habido licenciamiento de la tecnología?</p>	<p>EL proyecto terminó con la solicitud de una patente RECONOCIMIENTO COLORES DE SEMILLAS DE UVAS USANDO ESCANER Y PROGRAMA COMPUTACIONAL Número de Solicitud: 62/272342 Fecha de presentación: 29/12/2015</p>
<p>Spin offs o nuevos negocios generados.</p>	<p>No por el momento. Se espera postular a segunda etapa con resultados de validación industrial.</p>
<p>¿Cuenta con material audiovisual? Mencione si cuenta con videos, imágenes página web, etc.</p>	<p>Sitio Web del Proyecto <a href="http://www.litrp.cl/jm/es/ca12i10236.html">http://www.litrp.cl/jm/es/ca12i10236.html</a></p>