

Proyecto apoyado por
CORFO



Diciembre de 2017

Estudio de Vigilancia Tecnológica para una Fruticultura Inteligente y Sustentable

Informe Técnico Nro. 1

Preparado para el Programa Estratégico Regional Fruticultura Sustentable

IALE Tecnología Chile, SpA
1/2 Oriente 831, oficina 407
Viña del Mar, CHILE
Tel. 00-56-32-2887237
Web: www.ialetecnologia.com
Contacto: info@ialetecnologia.com

CONTENIDOS

1.	Introducción	6
2.	Panorama científico-tecnológico del sector	10
2.1	Panorama científico.....	10
2.1.1	Evolución de la producción científica.....	10
2.1.2	Principales actores.....	11
2.1.3	Ámbitos de interés	13
2.2	Panorama tecnológico.....	15
2.2.1	Evolución en el nivel de patentamiento.....	15
2.2.2	Principales actores.....	16
2.2.3	Ámbitos de interés	19
3.	Vigilancia Tecnológica en ámbitos de interés.....	22
3.1	Energías Renovables para Autoconsumo	22
3.1.1	Análisis de la producción científica.....	22
3.1.2	Análisis de la producción tecnológica	30
3.2	Gestión de Recursos Hídricos	36
3.2.1	Análisis de la producción científica.....	36
3.2.2	Análisis de la producción tecnológica	46
3.3	Nutrición de cultivo y monitoreo de estados fenológicos.....	52
3.3.1	Análisis de la producción científica.....	52
3.3.2	Análisis de la producción tecnológica	60
3.4	Manejo y control de plagas y enfermedades	66
3.4.1	Análisis de la producción científica.....	66
3.4.2	Análisis de producción tecnológica.....	77
3.5	Control y protección contra eventos climáticos extremos	83
3.5.1	Análisis de la producción científica.....	83
3.5.2	Análisis de la producción tecnológica	92
3.6	Estimación de rendimiento y calidad de huertos.....	98
3.6.1	Análisis de la producción científica.....	98
3.6.2	Análisis de la producción tecnológica	107
3.7	Mecanización de labores agrícolas	113
3.7.1	Análisis de la producción científica.....	113
3.7.2	Análisis de la producción tecnológica	127
3.8	Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y postcosecha	132

3.8.1	Análisis de la producción científica.....	132
3.8.2	Análisis de la producción tecnológica.....	138
4	Comentarios finales.....	143

TABLAS

Tabla 3.1	Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Energías Renovables para Autoconsumo, en el período 2013-2018.....	33
Tabla 3.2	Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Gestión de Recursos Hídricos, en el período 2013-2018.....	48
Tabla 3.3	Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Nutrición de cultivos y monitoreo de estados fenológicos, en el período 2013-2018.....	62
Tabla 3.4	Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades, en el período 2013-2018.....	79
Tabla 3.5	Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos, en el período 2013-2018.....	94
Tabla 3.6	Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Estimación de rendimiento y calidad de huertos, en el período 2013-2018.....	110
Tabla 3.7	Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Mecanización en labores agrícolas, en el período 2013-2018.....	129
Tabla 3.8	Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, en el período 2013-2018.....	140

FIGURAS

Figura 2.1	Evolución del desarrollo científico para el período 2013 – 2017.....	10
Figura 2.2	Países líderes en producción científica para el período 2013-2018.....	11
Figura 2.3	Instituciones líderes en producción científica para el período 2013-2018.....	12
Figura 2.4	Evolución de publicaciones científicas por ámbitos de interés, para el período 2013 – 2017.....	14
Figura 2.5	Evolución del nivel de patentamiento para el período 2013 – 2017.....	15
Figura 2.6	Evolución de patentes solicitadas y concedidas, para el período 2013 – 2017.....	15
Figura 2.7	Países líderes en patentamiento para el período 2013-2018.....	16
Figura 2.8	Instituciones líderes en patentamiento para el período 2013-2018.....	17
Figura 2.9	Evolución de patentes solicitadas y concedidas en los ámbitos de interés, para el período 2013 – 2017.....	20
Figura 3.1	Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.....	22
Figura 3.2	Países líderes con 4 o más publicaciones.....	23
Figura 3.3	Instituciones líderes con 2 o más publicaciones.....	23
Figura 3.4	Arquitectura de sistema propuesto por Widhoc Smart Solutions S.L.....	25
Figura 3.5	Descriptorios con mayor frecuencia de aparición.....	26
Figura 3.6	Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Energías Renovables para Autoconsumo, en el período 2013 – 2017.....	30
Figura 3.7	Evolución en el nivel de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Energías Renovables para Autoconsumo, en el período 2013 – 2017.....	31

Figura 3.8 Países líderes en patentamiento en el ámbito Energías Renovables para Autoconsumo, en el período 2013-2018.	31
Figura 3.9 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Energías Renovables para Autoconsumo, en el período 2013-2018.	32
Figura 3.10 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.	36
Figura 3.11 Países líderes con 38 o más publicaciones.....	37
Figura 3.12 Instituciones líderes con 10 o más publicaciones.....	37
Figura 3.13 Descriptores con mayor frecuencia de aparición.....	39
Figura 3.14 Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Gestión de Recursos Hídricos, en el período 2013 – 2017.....	46
Figura 3.15 Evolución en el nivel de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Gestión de Recursos Hídricos, en el período 2013 – 2017.	46
Figura 3.16 Países líderes en patentamiento en el ámbito Gestión de Recursos Hídricos, en el período 2013-2018.....	47
Figura 3.17 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Gestión de Recursos Hídricos, en el período 2013-2018.	48
Figura 3.18 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.	52
Figura 3.19 Países líderes con 15 o más publicaciones.....	52
Figura 3.20 Instituciones líderes con 5 o más publicaciones.....	53
Figura 3.21 Descriptores con mayor frecuencia de aparición.....	54
Figura 3.22 Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Nutrición de cultivos y monitoreo de estados fenológicos, en el período 2013 – 2017.	60
Figura 3.23 Evolución en el nivel de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Nutrición de cultivos y monitoreo de estados fenológicos, en el período 2013 – 2017.	60
Figura 3.24 Países líderes en patentamiento en el ámbito Nutrición de cultivos y monitoreo de estados fenológicos, en el período 2013-2018.....	61
Figura 3.25 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Nutrición de cultivos y monitoreo de estados fenológicos, en el período 2013-2018.....	62
Figura 3.26 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.	66
Figura 3.27 Países líderes con 16 o más publicaciones.....	67
Figura 3.28 Instituciones líderes con 7 o más publicaciones.....	67
Figura 3.29 Descriptores con mayor frecuencia de aparición.....	68
Figura 3.30 Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades, en el período 2013 – 2017.	77
Figura 3.31 Evolución en el nivel de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades, en el período 2013 – 2017.	77
Figura 3.32 Países líderes en patentamiento en el ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades, en el período 2013-2018.	78
Figura 3.33 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades, en el período 2013-2018.	79
Figura 3.34 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.	83
Figura 3.35 Países líderes con 10 o más publicaciones.....	84
Figura 3.36 Instituciones líderes con 5 o más publicaciones.....	84
Figura 3.37 Diagrama esquemático del principio de medición de la sonda magnética ZIM.....	85
Figura 3.38 Descriptores con mayor frecuencia de aparición.....	86
Figura 3.39 Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos, en el período 2013 – 2017.....	92
Figura 3.40 Evolución en el nivel de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos, en el período 2013 – 2017.	92
Figura 3.41 Países líderes en patentamiento en el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos, en el período 2013-2018.....	93

Figura 3.42 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos, en el período 2013-2018.....	94
Figura 3.43 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.	98
Figura 3.44 Países líderes con 30 o más publicaciones.....	99
Figura 3.45 Instituciones líderes con 7 o más publicaciones.....	99
Figura 3.46 Descriptores con mayor frecuencia de aparición.....	101
Figura 3.47 Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Estimación de rendimiento y calidad de huertos, en el período 2013 – 2017.	108
Figura 3.48 Evolución en el nivel de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Estimación de rendimiento y calidad de huertos, en el período 2013 – 2017.....	108
Figura 3.49 Países líderes en patentamiento en el ámbito Estimación de rendimiento y calidad de huertos, en el período 2013-2018.....	109
Figura 3.50 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Estimación de rendimiento y calidad de huertos, en el período 2013-2018.	110
Figura 3.51 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.	114
Figura 3.52 Países líderes con 10 o más publicaciones.....	115
Figura 3.53 Instituciones líderes con 2 o más publicaciones.....	116
Figura 3.54 Descriptores con mayor frecuencia de aparición.....	116
Figura 3.55 Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Mecanización en labores agrícolas, en el período 2013 – 2017.....	127
Figura 3.56 Evolución en el nivel de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Mecanización en labores agrícolas, en el período 2013 – 2017.	128
Figura 3.57 Países líderes en patentamiento en el ámbito Mecanización en labores agrícolas, en el período 2013-2018.....	128
Figura 3.58 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Mecanización en labores agrícolas, en el período 2013-2018.	129
Figura 3.59 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.	132
Figura 3.60 Países líderes con 4 o más publicaciones.....	132
Figura 3.61 Instituciones líderes con 2 o más publicaciones.....	133
Figura 3.62 Descriptores con mayor frecuencia de aparición.....	133
Figura 3.63 Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, en el período 2013 – 2017.	138
Figura 3.64 Evolución de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, en el período 2013-2017.	138
Figura 3.65 Países líderes en patentamiento en el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, en el período 2013-2018.....	139
Figura 3.66 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, en el período 2013-2018.....	139

1. Introducción

La consultora a cargo del estudio

Asoex, a través del Programa Estratégico Regional Fruticultura Sustentable, realizó la Licitación para la contratación de un Estudio de Vigilancia Tecnológica y profundización en tecnologías de información y comunicación; cuyo resultado fue adjudicado a la empresa consultora hispano-chilena IALE Tecnología Chile SpA.

IALE Tecnología, desde el año 2003 atiende las demandas de información de los países Latinoamericanos mediante servicios de asesoría, capacitación, diseño e implantación de soluciones a la medida, en las más diversas áreas del conocimiento humano.

El contexto del estudio

La consultoría tiene por objeto realizar un estudio de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva con enfoque en Equipamiento, Tecnologías de Información y Comunicación, Internet de las cosas y Big Data que permita el acceso a información pertinente, actualizada y oportuna para la toma de decisiones competitivas para los productores y exportadores frutícolas de la región de Valparaíso, con énfasis en Agricultura Inteligente.

Específicamente la consultoría adjudicada a IALE Tecnologías Chile SpA, considera lo siguiente:

- Identificar un panorama global sobre el comportamiento del entorno científico-tecnológico para una fruticultura inteligente y sustentable, considerando las especies priorizadas en el Programa Estratégico Regional Fruticultura Sustentable (paltas, nueces, uva de mesa y cítricos).
- Identificar soluciones en Equipamiento, Tecnologías de Información y Comunicación, Internet de las cosas y Big Data que son más adecuadas y que pueden estar disponibles para la fruticultura regional en las especies priorizadas del Programa Estratégico.
- Identificar tanto oferta como proveedores de Equipamiento, Tecnologías de Información y Comunicación, Internet de las cosas y Big Data nacional e internacional.
- El levantamiento de las soluciones para las especies priorizadas por el Programa Estratégico debe considerar ámbitos que incidan en el rendimiento, productividad y rentabilidad de los huertos, como:
 - a) Energías renovables para autoconsumo (huerto y packing)
 - b) Gestión y optimización del recurso hídrico (acumulación, distribución y monitoreo).

- c) Nutrición del cultivo y monitoreo de estados fenológicos.
- d) Manejo y/o control de plagas y enfermedades.
- e) Control y protección contra eventos climáticos extremos.
- f) Estimación de rendimiento y calidad de huertos.
- g) Mecanización en labores agrícolas, asociada a mejorar la gestión predial (diseño de huertos, labores de poda, cosecha y post cosecha)
- h) Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre a post cosecha.

Aspectos Metodológicos

En el desarrollo de la investigación se aplicó el proceso de Vigilancia Tecnológica clásica que consiste en la búsqueda, captura y análisis de información contenida en bases de datos internacionales, y con ello se generó una caracterización en términos de tecnologías en desarrollo y principales actores (investigadores, instituciones, empresas, países), entre otros. En este sentido y como primera instancia del proceso, se definieron las palabras clave y las ecuaciones de búsqueda que integre todas las necesidades de información requeridas, relacionadas con “Equipos, Tecnologías de información y comunicación, Internet de las cosas y Big Data, con aplicación en la fruticultura”.

Las fuentes de información seleccionadas para la captura de información fueron las bases de datos CAB Abstract –para la compilación de publicaciones científicas-, y las bases de datos de patentes de Estados Unidos (USPTO), Europa (EPO) y la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), para tecnologías.

Una vez acotados los resultados de las búsquedas se inició la fase de pre-tratamiento del corpus de información, que consiste en preparar las condiciones impuestas por las herramientas de análisis. A partir de los datos entregados por las diferentes bases de datos, se realiza un proceso de depuración y afinación del corpus de información, para dar paso a la fase de procesamiento/análisis.

Para la fase de procesamiento y análisis cuantitativo de la información, el equipo consultor se apoyó en dos herramientas informáticas de minería de datos de última generación: Matheo Analyzer y Thomson Innovation.

Los resultados del análisis cuantitativo y cualitativo de la información se estructuran en dos componentes principales:

- El Capítulo 2 resume los resultados del análisis general del sector, tanto de las publicaciones científicas como tecnologías patentadas en el periodo 2013-2017. Estos resultados se estructuran en función de la evolución que ha experimentado el trabajo de investigadores y/o empresas a nivel mundial y los actores líderes (países e instituciones y/o empresas), en materia del uso de las tecnologías de información en el ámbito de la agricultura/fruticultura.

- El Capítulo 3 describe el escenario científico-tecnológico por cada uno de los ocho ámbitos de interés definidos por el Programa Estratégico Regional Fruticultura Sustentable. En este capítulo, el desarrollo científico se describe en términos de:
 - Volumen de información (número de publicaciones científicas) generado en el período 2013-2018.
 - Evolución en el tiempo del desarrollo científico (número de publicaciones por año).
 - Actores líderes¹, principalmente, países e instituciones líderes.
 - Principales áreas de investigación, en términos de (i) las áreas de investigación predominante, es decir, análisis de palabras clave con mayor aparición en las publicaciones científicas, en el periodo 2013 – 2018, y (ii) temas emergentes, es decir, aquellas áreas que poseen una baja frecuencia de aparición en el último año de análisis.
 - Investigaciones asociadas a especies priorizadas. En este caso, desde el universo total de publicaciones científicas identificadas para cada ámbito de interés, se destacan aquellas publicaciones que hacen mención específica a alguna de las especies priorizadas (paltos, nueces, uva, cítricos).

En cuanto al desarrollo tecnológico, este último queda descrito en función de:

- Volumen de información (número de documentos de patente) generado en el período 2013-2018.
- Evolución en el tiempo del desarrollo tecnológico (número de documentos de patente por año).
- Actores líderes, principalmente, países y empresas líderes.
- Áreas tecnológicas más patentadas, utilizando la Clasificación Internacional de Patentes (CIP), que contiene cada documento de patente.
- Tecnologías destacadas en términos de (i) tecnologías asociadas a los códigos CIP más utilizados por los nuevos desarrollos tecnológicos en el período 2013 - 2018, y (ii) tecnologías que hacen referencia de forma particular a algunas de las especies priorizadas (paltos, nueces, uva, cítricos).

¹ Para la identificación de actores líderes se utiliza la afiliación de los autores de las publicaciones científicas.

CAPÍTULO 2:

PANORAMA CIENTÍFICO - TECNOLÓGICO DEL SECTOR

2. Panorama científico-tecnológico del sector

En este capítulo se describen los principales hallazgos sobre el panorama científico y tecnológico circunscrito a equipos, tecnologías de información y comunicación, Internet de las cosas y Big Data, con aplicación en la fruticultura a nivel internacional, evidenciado a través de publicaciones científicas y patentes publicadas en las diferentes bases de datos que han sido consultadas para el período 2013-2018.

El análisis se centra en los datos estadísticos más representativos, tales como: cantidad de publicaciones/patentes y su distribución por año; países e instituciones más representativas según el número de publicaciones y patentes en las que han tenido participación, y los ámbitos de mayor interés.

2.1 Panorama científico

2.1.1 Evolución de la producción científica

El análisis de los avances científicos relacionados a equipos, tecnologías de información y comunicación, Internet de las cosas y Big Data, con aplicación en la fruticultura a nivel internacional, se centró en la identificación, compilación y análisis de las publicaciones científicas de los últimos 5 años, contenidas en la base de datos CAB Abstract, lo que permitió identificar 7.337 publicaciones científicas entre los años 2013 y 2018.

La siguiente figura muestra la evolución en el nivel de producción científica para los últimos 5 años².

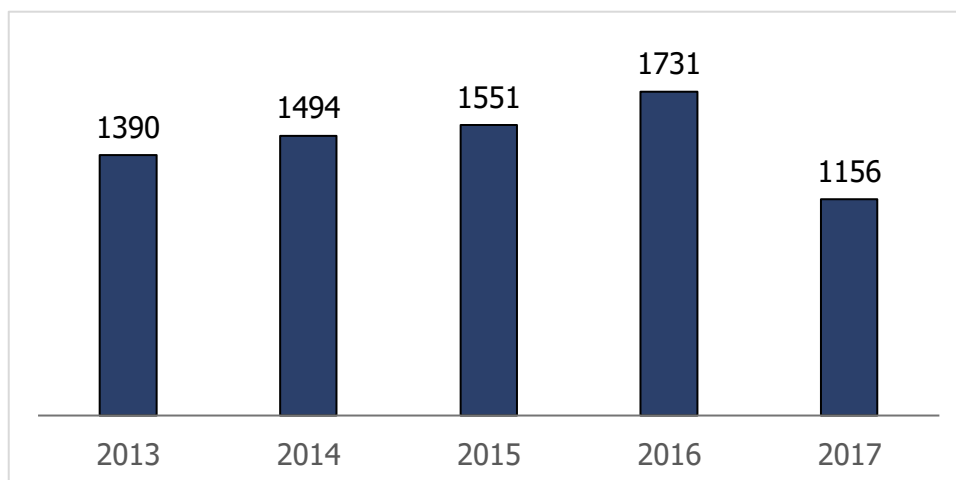


Figura 2.1 Evolución del desarrollo científico para el período 2013 – 2017.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

² En esta figura se omiten los datos del año 2018, por ser un año en curso.

2.1.2 Principales actores

A nivel de países, el desarrollo científico ha venido de la mano de 142 países, los cuales son liderados por China con 1.083 publicaciones. Le siguen Estados Unidos con 750 publicaciones, y muy por debajo países como India e Italia.

En lo que respecta a países de centro y Sudamérica, Brasil es el único que se posiciona dentro de los 15 primeros lugares con 367 publicaciones científicas.

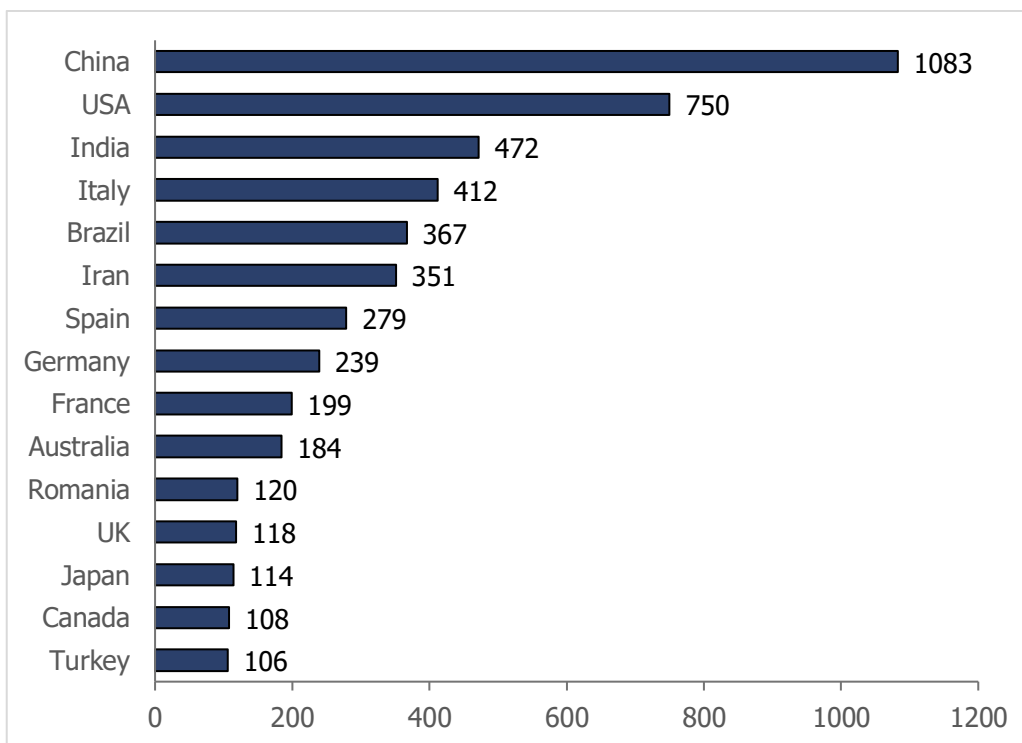


Figura 2.2 Países líderes en producción científica para el período 2013-2018.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Mattheo Analyzer, 2018.

En relación con las instituciones que más publican, en la figura 2.3 se observa que estas corresponden mayoritariamente a universidades y centros de investigación, en correspondencia con el liderazgo de países, la Academia China de Ciencias lidera el ranking mundial con 99 publicaciones científicas identificadas para el período 2013-2018. Le sigue el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, con 90 publicaciones científicas en el periodo analizado.

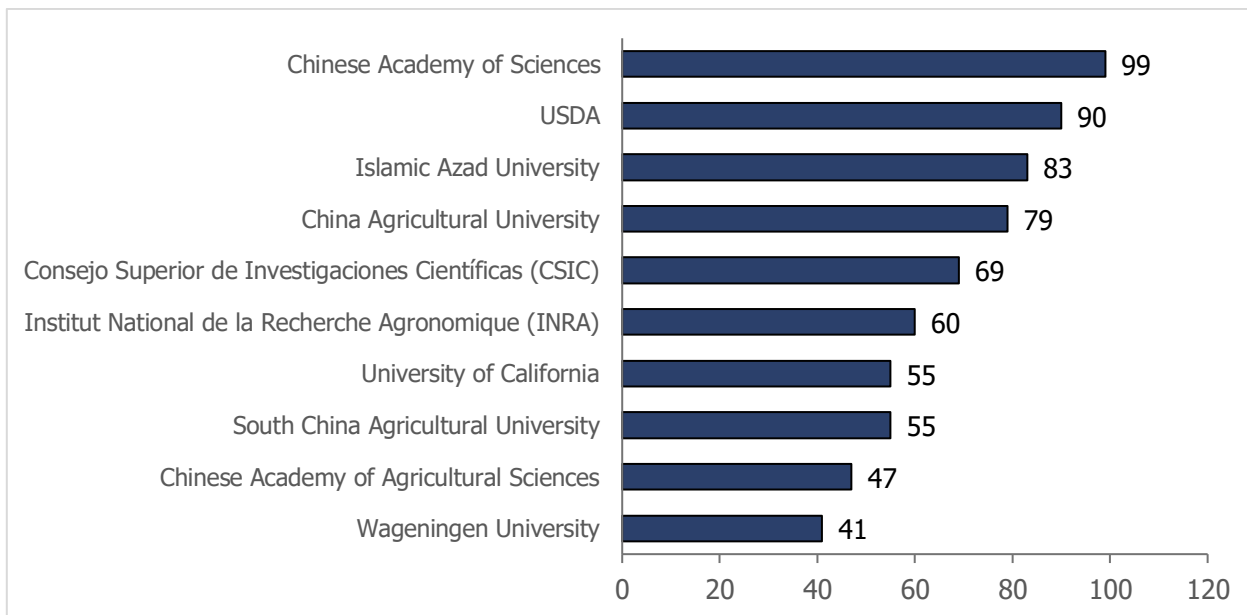


Figura 2.3 Instituciones líderes en producción científica para el período 2013-2018.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

En términos de volumen del desarrollo científico, el tejido empresarial es bastante menos destacado, sin embargo es posible identificar algunas empresas trabajando en investigación vinculadas con otras instituciones tales como universidades, centros y/o agencias de investigación, etc. En este sentido, a continuación se destacan algunas de las empresas identificadas que poseen publicaciones durante el 2017:

- **Fera Science Limited (Reino Unido)**

Empresa formada por **Capita plc** y el Departamento de Medio Ambiente, Alimentos y Asuntos Rurales (DEFRA), del Reino Unido, cuyo objetivo es apoyar y desarrollar una cadena alimentaria sustentable, un entorno saludable y proteger a la comunidad mundial de los riesgos biológicos y químicos. En términos del desarrollo científico se vincula principalmente con el monitoreo de pesticidas, identificándose las siguientes publicaciones:



- Kennedy, M. C., Ellis, M. C. B. (2017). *Probabilistic modelling for bystander and resident exposure to pesticides using the Browse software*,
- Adams, S., Guest, J., Dickinson, M., Fussell, R. J., Beck, J., Schoutsen, F. (2017). *Development and validation of ion chromatography-tandem mass spectrometry-based method for the multiresidue determination of polar ionic pesticides in food*.

- **Xi'an Aerospace Automation Co., Ltd (China)**

Empresa china de alta tecnología que se dedica a proporcionar soluciones inteligentes basadas en tecnologías de información y automatización, contribuyendo con ello a la transformación digital de numerosas industrias tales como energía, conservación del agua, industria química, transporte, agricultura, protección ambiental, etc. En lo referido al trabajo científico identificado como parte de este estudio, la empresa se vincula principalmente con el monitoreo, automatización y control, identificándose la siguiente publicación:

- Gao Cheng; Wang Peng; Zhang YaLing (2017). *Application of environmental monitoring system based on internet of things in agriculture*

2.1.3 Ámbitos de interés

Atendiendo a los resultados obtenidos del panorama científico descrito previamente y a los ámbitos que inciden en el rendimiento, productividad y rentabilidad de los huertos, que han sido priorizados por el PER Fruticultura Sustentable, esto es:

- a) Energías renovables para autoconsumo.
- b) Gestión y optimización del recurso hídrico.
- c) Nutrición del cultivo y monitoreo de estados fenológicos.
- d) Manejo y/o control de plagas y enfermedades.
- e) Control y protección contra eventos climáticos extremos.
- f) Estimación de rendimiento y calidad de huertos.
- g) Mecanización en labores agrícolas, asociada a mejorar la gestión predial.
- h) Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre a post cosecha.

Se observa que en términos de la producción científica, la Gestión y optimización de recursos hídricos y el Manejo y control de plagas, corresponden a los ámbitos de interés con mayor volumen de investigaciones generadas en el período 2013 - 2018, con 1.395 y 914 publicaciones científicas, respectivamente.

En términos de evolución en el tiempo, se destaca el ámbito de Gestión y optimización de recursos hídricos, como el de mayor crecimiento. Otros ámbitos que muestran crecimiento, pero menos notorio dado el volumen de información corresponden a Energías renovables para autoconsumo y Control y protección contra eventos climáticos extremos.

El Manejo y/o control de plagas y enfermedades es el único ámbito de interés que decrece de forma considerable en el periodo analizado.

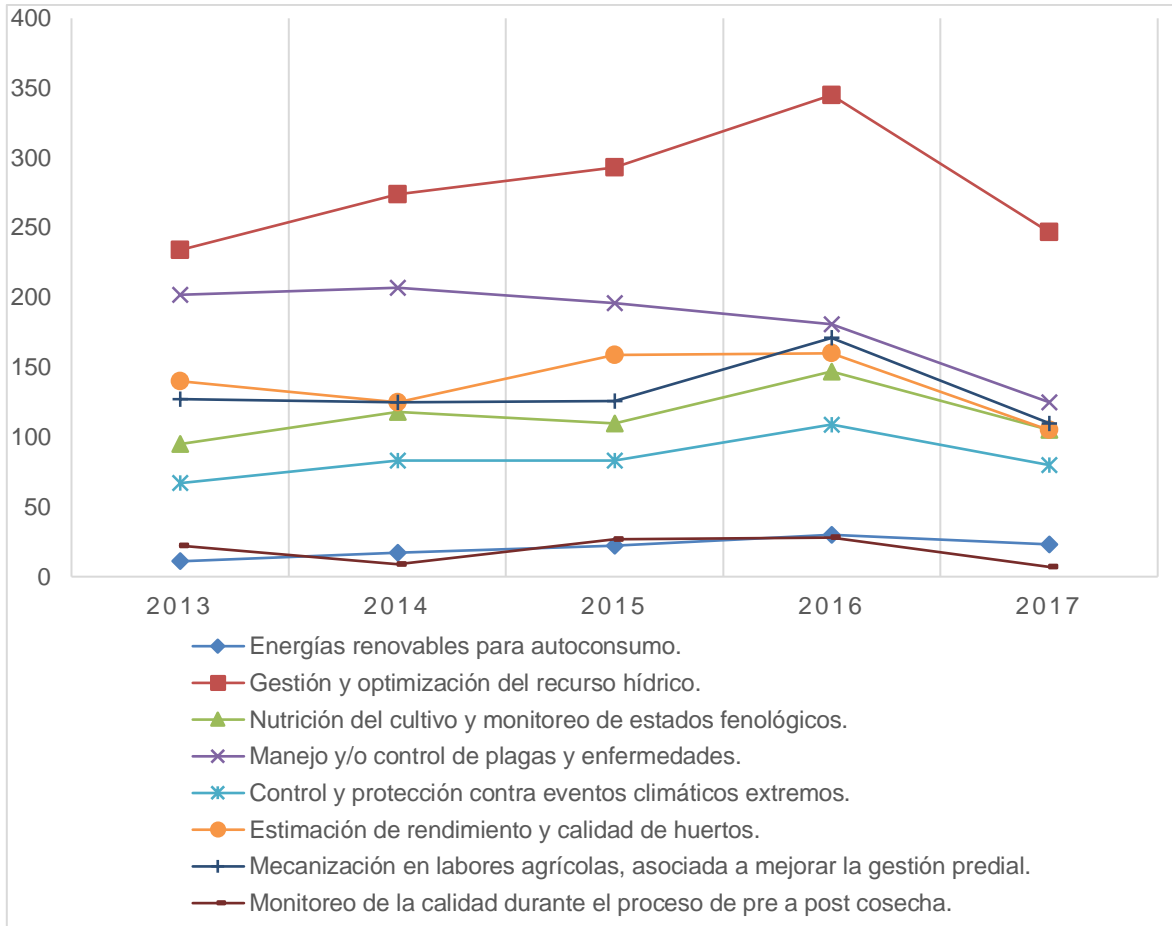


Figura 2.4 Evolución de publicaciones científicas por ámbitos de interés, para el período 2013 – 2017.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

2.2 Panorama tecnológico

2.2.1 Evolución en el nivel de patentamiento

El resultado de las búsquedas en bases de datos de patentes internacionales de Estados Unidos (USPTO) Europa (EPO) y la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), permitió identificar 9.858 documentos de patentes entre los años 2013 y 2018, asociados con Equipamiento, Tecnologías de Información y Comunicación, Internet de las cosas y Big Data, para el sector agrícola en general. La siguiente figura muestra la evolución en el nivel de patentamiento para los últimos 5 años³.

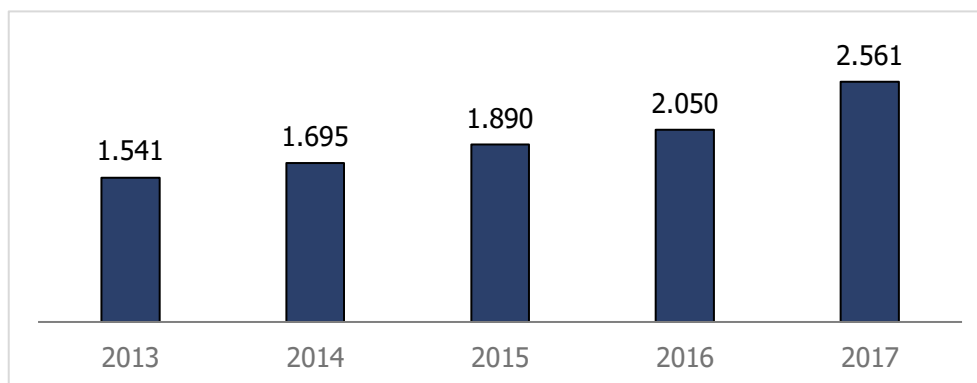


Figura 2.5 Evolución del nivel de patentamiento para el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

Se observa que el desarrollo de nuevas tecnologías muestra una evolución positiva en los últimos años, creciendo un 66% entre 2013 y 2017. Este crecimiento se observa tanto a nivel de nuevas solicitudes de patentes como de patentes concedidas, tal como se muestra en la siguiente figura.

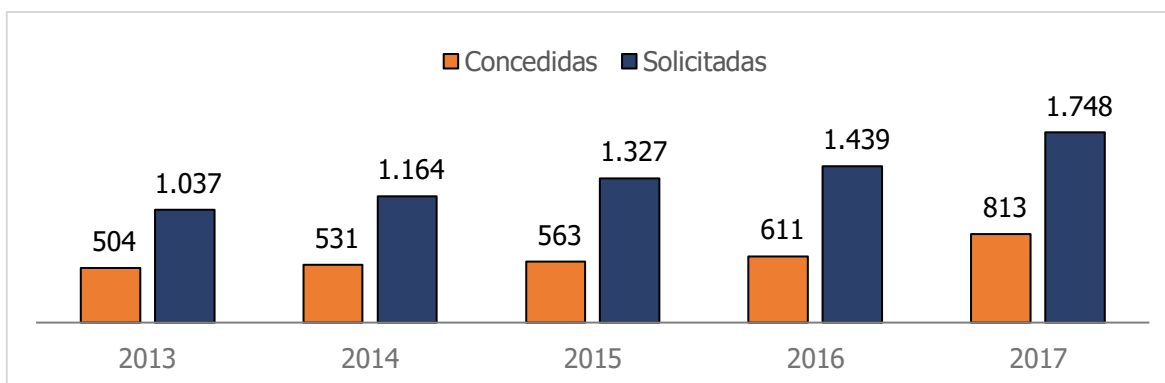


Figura 2.6 Evolución de patentes solicitadas y concedidas, para el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

³ En esta figura se omiten los datos del año 2018.

2.2.2 Principales actores

A nivel de países⁴, el desarrollo de nuevas tecnologías es liderado por Estados Unidos, país que concentra el 51,5% del total de documentos de patentes identificados. Le siguen Japón, Alemania, Canadá y Bélgica. No se observan países de Latinoamérica dentro de los 15 primeros lugares.

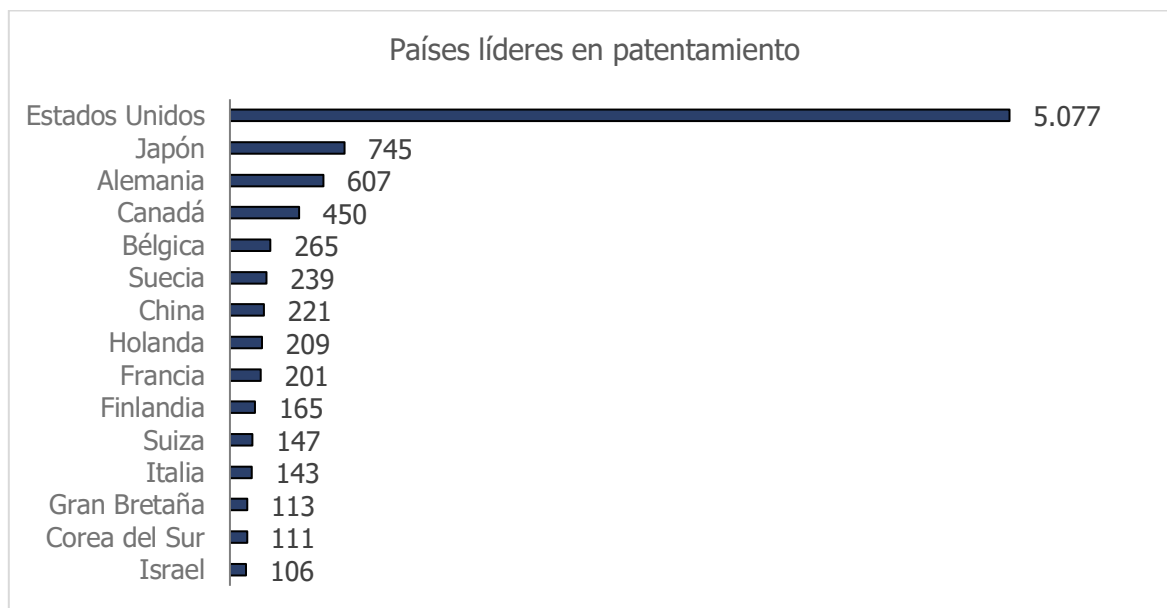


Figura 2.7 Países líderes en patentamiento para el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

En relación con las instituciones que patentan, la empresa Deere & Co. (Estados Unidos) lidera el desarrollo de nuevas tecnologías con 682 documentos de patentes identificados para el período 2013-2018. Le siguen las empresas CNH Industrial (Italia), Caterpillar Inc. (Estados Unidos) y Husqvarna AB (Suecia). Entre estas 4 empresas se concentra más del 15% del total de documentos de patentes identificados.

Otras instituciones destacadas dentro de los líderes en patentamiento corresponden a las empresas Precision Planting LLC (Estados Unidos), Claas Selbstfahr Erntemasch GmbH (Alemania), AGCO Corporation (Estados Unidos), Yamnar Company (Japón) y Kubota KK (Japón). La siguiente figura muestra las 15 instituciones líderes en patentamiento para el período 2013-2018.

⁴ Para la identificación de los países líderes, se considera el país de origen de la empresa y/o institución que solicitó la patente (para el caso de las patentes solicitadas), o la empresa y/o institución a la que fue otorgada la patente (en el caso de patentes concedidas).



Figura 2.8 Instituciones líderes en patentamiento para el período 2013-2018.
Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

- **Deere & Co.**

Deere & Co. es un fabricante de maquinaria agrícola establecido en el este de Moline, Illinois, Estados Unidos. Se destaca por poseer una serie de patentes asociadas con sistemas de automatización en agricultura, monitoreo remoto y agricultura inteligente.



Algunas de sus patentes más recientes corresponden a:

- [EP2845461B1](#). Sistema para medir pérdidas en una cosechadora. 2018.
- [US9832928B2](#). Sistema de detección de cultivo. 2017.
- [US9834248B2](#). Sistema de guía para un vehículo agrícola. 2017.
- [US9832926B2](#). Activación por amortiguación de vibraciones de un actuador para una máquina de trabajo agrícola. 2017.
- [US9826683B2](#). Dispositivo de cálculo para determinar el caudal másico de grano a partir de imágenes en cultivos. 2017.
- [US9807940B2](#). Sistema de predicción y control de secado para productos agrícolas en hileras. 2017.

- **CNH Industrial LLC.**

Grupo industrial italiano creado al fusionar Fiat Industrial S.p.A. y CNH. Destaca por sus desarrollos asociados a automatización y equipamiento para agricultura inteligente.



Algunas de sus patentes más recientes corresponden a:

- US9849909B2. Implemento agrícola remolcable con sistema de dirección automática. 2017.
- US9844187B2. Sistema de control de densidad. 2017.
- US9836036B2. Implemento agrícola con reconocimiento automatizado de atributos de semilla. 2017.
- US9814184B2. Sistema de control de flujo de material de cultivo. 2017.
- US9807933B2. Cosechadora agrícola equipada con sensor. 2017.

- **Caterpillar Inc.**

Caterpillar es el fabricante más grande del mundo de maquinaria para la construcción y equipos de minería, motores diésel y turbinas industriales de gas. Además, posee una línea de negocios que se especializa en el desarrollo, fabricación y comercialización de maquinaria agrícola, destacando también por sus desarrollos asociados a sistemas de control y automatización.



Algunas de sus patentes más recientes corresponden a:

- US20170315515A1. Sistema para controlar el funcionamiento de una máquina. 2018.
- US20170204588A1. Control automático de profundidad y tracción para máquinas de corte. 2017.
- US9619948B2. Sistema y método para monitorear una operación de movimiento de tierra de una máquina. 2017.
- US9605409B2. Sistema y método para operar una máquina. 2017.

- **Husqvarna AB**

Multinacional de origen sueco que se especializa en la fabricación y comercialización de maquinaria forestal, agrícola y de jardinería. Destaca por sus desarrollos recientes asociados a robótica, control inalámbrico y agricultura autónoma, entre otros.



Algunas de sus patentes más recientes corresponden a:

- US9720417B2. Sistema de navegación para una herramienta de trabajo robótica. 2017.
- US9615507B2. Red de sensores inalámbricos para sistemas de energía. 2017.
- US20170344024A1. Generación de mapas 3D mediante una herramienta de trabajo robótica. 2017.
- US20170335818A1. Sistema de encendido con corrección de falla de inicio de acción simple. 2017.

2.2.3 Ámbitos de interés

En relación al nivel de patentamiento en los ámbitos de interés, se destaca a la Gestión de recursos hídricos y la Nutrición de cultivos y monitoreo de estados fenológicos, como los sectores con mayor volumen de nuevos desarrollos tecnológicos en el período 2013 - 2018, con 965 y 958 documentos de patentes respectivamente.

La siguiente figura muestra la evolución en el nivel de patentamiento para los 8 ámbitos de interés que son foco del presente estudio, considerando el período 2013 - 2017⁵.

⁵ Se omiten los datos de 2018. La cantidad de documentos de patentes identificados para 2018 en cada ámbito corresponden a: EERR para autoconsumo (0); Gestión de recursos hídricos (5); Nutrición de cultivo (18); Control de plagas y enfermedades (8); Protección contra eventos climáticos (4); Rendimiento y calidad de huertos (12); Mecanización (8); Monitoreo de la calidad (0).

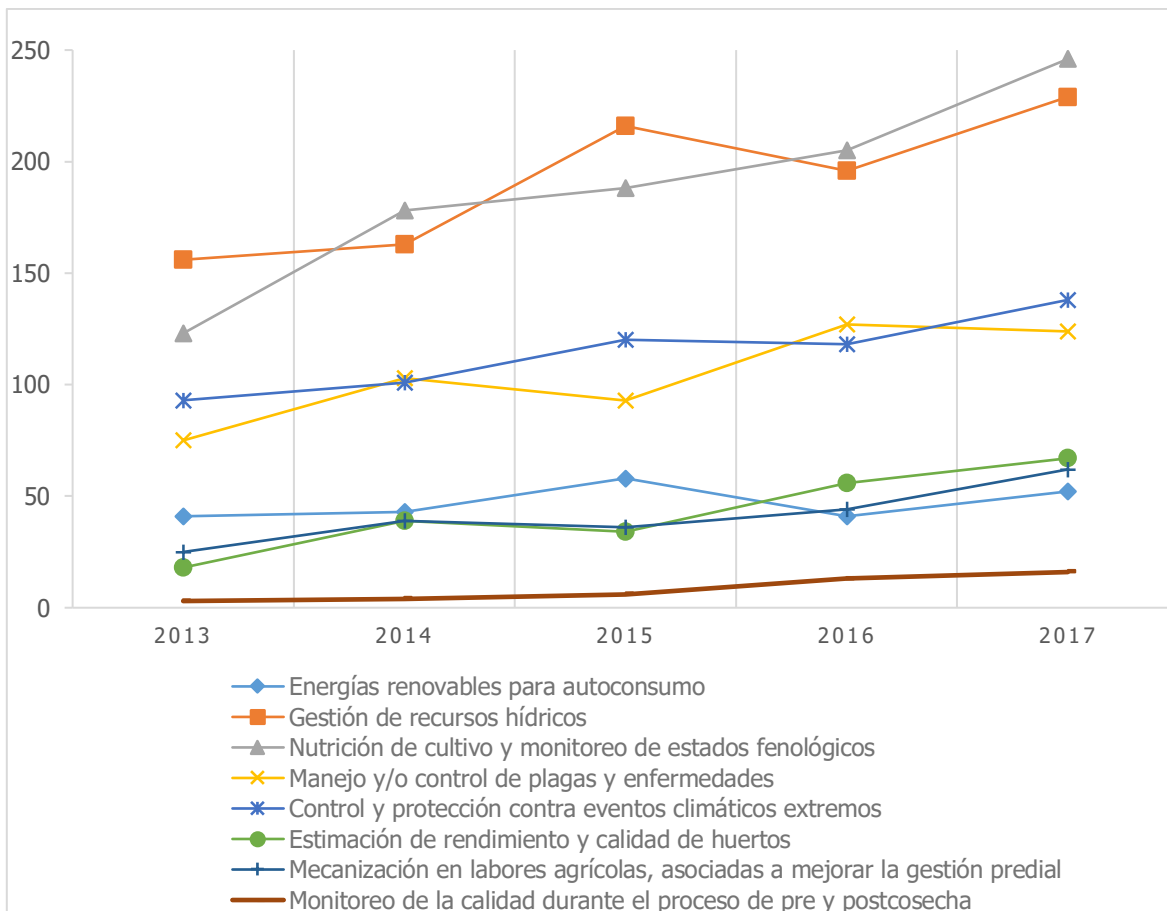


Figura 2.9 Evolución de patentes solicitadas y concedidas en los ámbitos de interés, para el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

En términos de tendencia, se destaca el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, como el de mayor crecimiento, considerando que la cantidad de patentes solicitadas y concedidas se incrementó en 433% entre 2013 y 2017. Otros ámbitos que muestran una alta tasa de crecimiento en los últimos años son la Estimación de rendimiento y calidad de huertos y la Mecanización en labores agrícolas asociadas a mejorar la gestión predial. Coincide en este caso que los ámbitos que más han crecido recientemente, corresponden a aquellos cuya participación relativa dentro del sector frutícola es minoritaria, mientras que ámbitos más maduros como el Manejo y/o control de plagas y enfermedades y el Control y protección contra eventos climáticos experimentaron un crecimiento importante, pero a tasas significativamente menores.

CAPÍTULO 3:

VIGILANCIA TECNOLÓGICA EN ÁMBITOS DE INTERÉS

3. Vigilancia Tecnológica en ámbitos de interés

A continuación se presentan los principales resultados del proceso de análisis de publicaciones científicas y patentes, segmentado por ámbitos de interés.

Los resultados se presentan, con una estructura homogénea para cada línea: Actores líderes en términos de países e instituciones, áreas de investigación, e investigaciones específicas asociadas a especies priorizadas.

3.1 Energías Renovables para Autoconsumo

En términos generales, el autoconsumo eléctrico se puede entender como la capacidad que poseen las empresas de producir y consumir su propia electricidad, manteniendo una conexión a la red para complementar el suministro cuando lo necesiten y/o aportar el excedente a la red. Dado esto, las energías renovables para autoconsumo corresponden a la incorporación de sistemas de energías renovables en pequeñas y medianas empresas a fin de autoabastecerse.

En este ámbito, a continuación se describen los principales resultados del panorama científico - tecnológico mundial

3.1.1 Análisis de la producción científica

En términos de la producción científica, se identificaron un total de 103 publicaciones en el período 2013-2018, las cuales se distribuyen de manera creciente en el tiempo, mostrando con ello un importante interés de parte de la comunidad científica por el desarrollo de trabajos en esta línea.

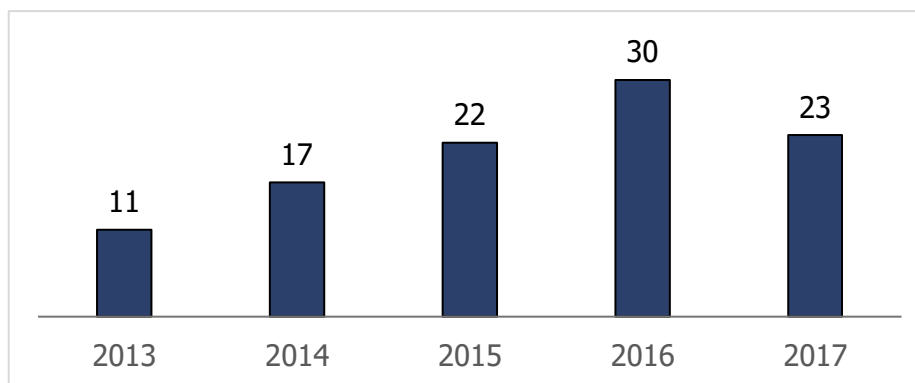


Figura 3.1 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.1.1.1 Países líderes

La producción científica ha venido de la mano de 37 países, siendo Estados Unidos y China los líderes mundiales, con en el primer y segundo lugar del ranking, respectivamente.

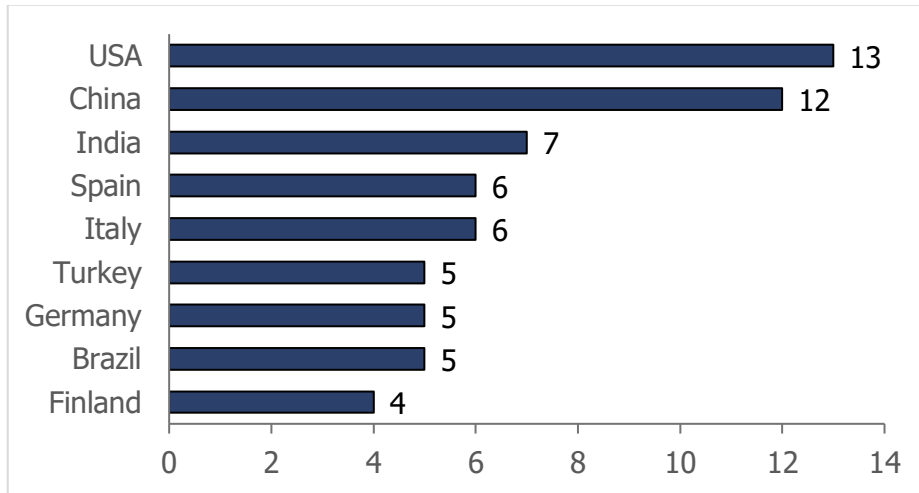


Figura 3.2 Países líderes con 4 o más publicaciones

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

En la figura anterior, Brasil aparece en el octavo lugar con 5 publicaciones, posicionándose como el líder de la Región Centro Sudamericana en los ámbitos de investigación vinculados a la línea Energías renovables para autoconsumo. En la región, le siguen en el ranking países tales como Argentina, Chile y México.

3.1.1.2 Instituciones líderes

En correspondencia con el liderazgo de países, en la figura 3.3 se observa que las entidades líderes corresponden a universidades de Estados Unidos y China, liderando el ranking la **Universidad de California** con 6 publicaciones

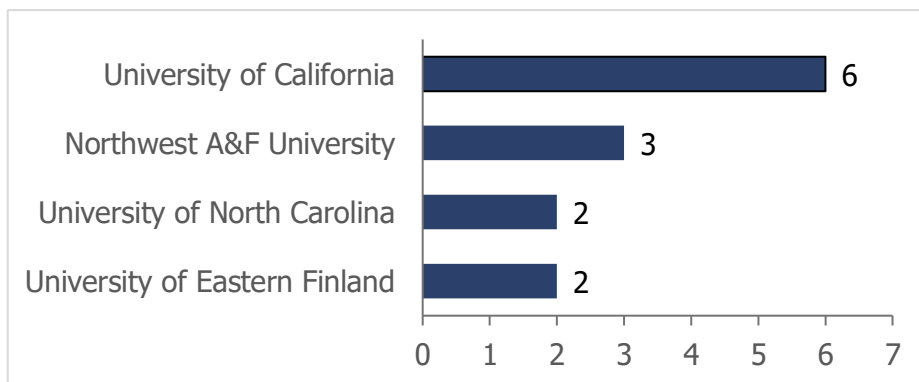


Figura 3.3 Instituciones líderes con 2 o más publicaciones

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

Si bien a nivel científico el tejido empresarial es menos destacado, se han identificado tres empresas, cada una con una publicación, en la que detallan el uso de energías renovables como parte de procesos específicos tales como riego y trazabilidad. Las empresas corresponden a las siguientes:

- **Sol Chip Ltd. (Israel)**

Empresa proveedora de soluciones de recolección de energía y sistemas de Internet de las Cosas (IoT), que ha desarrollado una batería solar capaz de integrarse de manera compacta a sensores inalámbricos y válvulas de irrigación, aumentando la eficiencia energética y reduciendo los costos en más del 50%. La batería también permite el suministro de energía continua a las etiquetas RFID utilizadas en los sistemas de trazabilidad de los productos. La publicación en la cual Sol Chip Ltd. describe el uso de esta batería, corresponde a la siguiente:



- Keysar, S., Friedlander, R., Holzer, R. (2014). *Everlasting solar battery for better agriculture.*

- **DRAXIS Environmental S.A. (Grecia)**

Empresa fundada con el objetivo de proporcionar soluciones para la gestión ambiental, siendo su actividad central el desarrollo de bases de datos y aplicaciones ambientales que combinan internet y sistemas de información geográfica (GIS) como herramienta de planificación y el control ambiental. En términos del desarrollo científico, la empresa figura en el panorama mundial con trabajos que vinculan conceptos como sistemas de soporte a la toma de decisiones, sistemas de riego y sustentabilidad ambiental, específicamente con la siguiente publicación:

- Syropoulou, P., Symeonidou, M., Tekes, S., Wawer, R., Kazantzidis, A., Crnojevic, V., Bruggeman, A. (2017). *Developing an intelligent ICT system for environmentally optimized irrigation management in agriculture.*

Para mejorar el desempeño ambiental de los sistemas de riego y prevenir el mal uso del agua, la publicación anterior hace referencia al proyecto ENORASIS, el cual desarrolló e integró un conjunto de tecnologías avanzadas, metodologías y modelos en el campos de: (i) sistemas de predicción meteorológica; (ii) técnicas de optimización de riego, (iii) sistemas de riego inteligentes; y (iv) redes de sensores inalámbricos que funcionan con energía solar como tecnología habilitadora para mediciones de campo.

- **Widhoc Smart Solutions S.L. (España)**

WIDHOC es una *Spin-off* de la Universidad Politécnica de Cartagena en el ámbito de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones con sede en el Parque Tecnológico de Fuente Álamo (CEDIT). Su línea principal de negocio es el desarrollo de sistemas inteligentes de apoyo al riego, donde ha desarrollado un sistema totalmente autónomo dotado de paneles solares que mide y provee información al usuario a través de aplicaciones web. La publicación científica identificada en este caso corresponde a la siguiente:



- H. Navarro-Hellín, R. Torres-Sánchez, F. Soto-Valles, C. Albaladejo-Pérez, J.A. López-Riquelme, R. Domingo-Miguel (2015). *A wireless sensors architecture for efficient irrigation water management*.

El sistema propuesto en esta publicación utiliza tecnologías de información y comunicación, lo que permite al usuario consultar y analizar la información obtenida por diferentes sensores desde cualquier dispositivo (computadora, teléfono móvil o tableta) de una manera fácil y cómoda. La arquitectura propuesta se basa en diferentes nodos inalámbricos equipados con conectividad GPRS, y completamente autónomos que hacen uso de energía solar, otorgándole una autonomía prácticamente ilimitada.

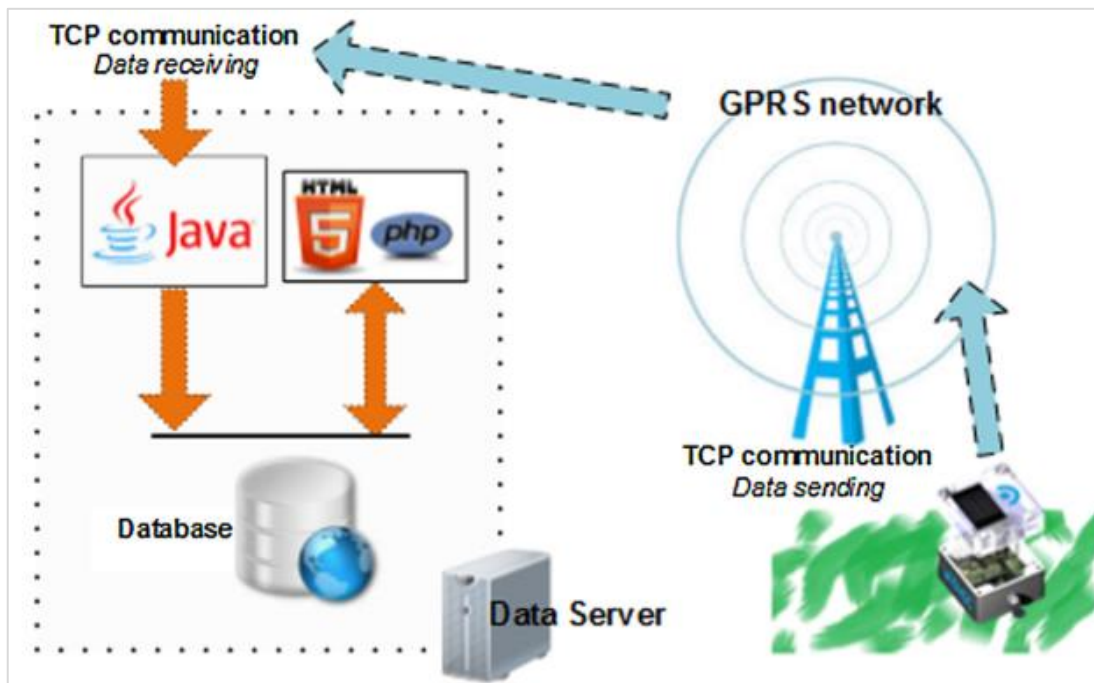


Figura 3.4 Arquitectura de sistema propuesto por Widhoc Smart Solutions S.L

3.1.1.3 Áreas de Investigación

Para caracterizar las áreas de investigación predominantes, se realizó el análisis de las palabras clave de mayor prevalencia en las publicaciones científicas, en el periodo 2013 – 2017, lo cual se puede apreciar en la figura 3.5. En esta figura, la mayor frecuencia de aparición de términos tales como: *Energy*, *Renovable Energy*, *Biofuel*, *Bioenergy*, confirman la pertinencia de los resultados obtenidos en esta línea de interés.

Sumado a lo anterior, se aprecian palabras claves relacionadas específicamente con *Solar energy*, *irrigation*, *Biogas* y *ethanol*, entre otros.

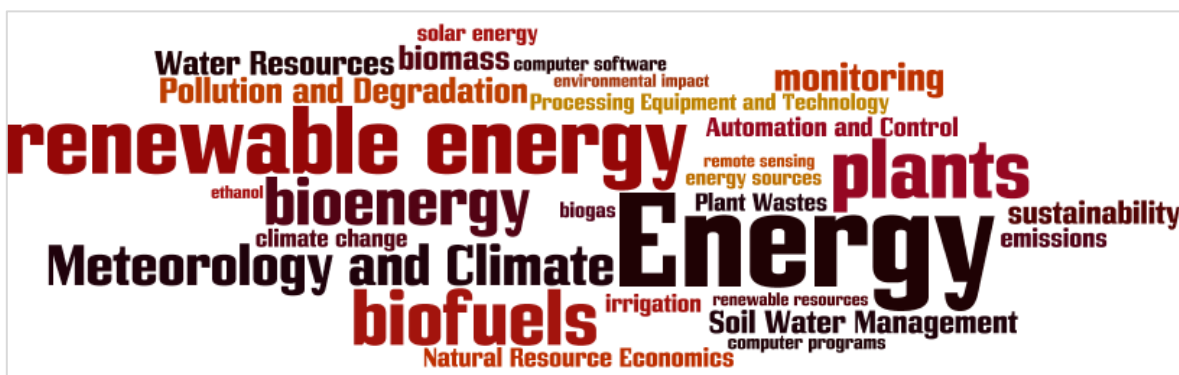


Figura 3.5 Descriptores con mayor frecuencia de aparición

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile, 2018.

Dentro de los análisis, los términos más frecuentes no necesariamente son los más novedosos. Precisamente una baja frecuencia de aparición podría ser un tema emergente y representar áreas de trabajo futuro para determinados grupos de investigación, siendo aconsejable identificarlos ante una posible consolidación en el tiempo. En la línea de energías renovables para autoconsumo, el análisis de temas incipientes arroja los resultados que se presentan a continuación:

- **Colectores solares**

En este ámbito, las publicaciones identificadas apuntan al uso de colectores solares en invernaderos y para el enfriamiento de suelo agrícola.

Título	Thermal performance experiment for multiple clamber trough solar air collector with dual collector tubes for solar greenhouse.
Autor(es)	Chen Chao; Zhang MingXing; Zheng HongFei; Li Na; Ma XingLong; Ling HaoShu; Ma CaiWen; Zou Ping
Año Publicación	2017
Fuente	Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering

In order to improve solar greenhouse solar energy utilization, this study proposed a new type of multi-chamber trough solar air collector with dual collector tubes to improve the collector performance. This collector is combined with the heat storage ventilation wall of solar greenhouse with solar active-passive "triple" structural phase change to constitute the active solar thermal storage system, which is used in Urumqi solar greenhouse. Based on the theory of optics and heat transfer, the experiment was designed and carried out to investigate the influence discipline of different parameters on thermal performances and optical performances for multi-chamber trough solar air collector with dual collector tubes. The parameters include the structure size (the relative position and the length of double collector tubes), air velocity inside the collector, inlet air temperature, and solar radiation. The test instruments include air collector, temperature sensor, flowmeter and data collection system. The experiment results illustrate that the collector performance of the double-tube collector is better than that of the single tube collector. Compared with the single collector tube concentrator, the air flow of the dual increased by 100%, the heat collection per unit area of the dual increased by 16%, and the heat collection efficiency of the dual increased by 9% (the heat collection efficiency of the dual was 44%-52% without tracking in winter). The relative position of double collector tubes, air velocity inside the collector and inlet air temperature were discussed in the study. The relative position 1 of double collector tubes is the best and the best air flow rate in the tube is 1.8-2.0 m/s. The collector was also applied to the solar greenhouse in Urumqi, and the results illustrate that: From November 2015 to February 2016, when the collector length is 16 m and the air velocity inside the concentrator is 2.0 m/s, the heat collecting system can provide solar thermal energy of about 50-65 MJ/day for solar greenhouse on the condition of sunny days, 35-45 MJ/day on the condition of cloudy days and 20-25 MJ/day on the condition of overcast days which have weak solar radiation. The heat collecting system can provide solar thermal energy of about 5 325 MJ for solar greenhouse by active heat storage of the wall in whole winter. This study can provide the reference for the thermal performance optimization of the collector and the new technical support for the efficient use of solar energy in solar greenhouse.

Título	Techno-economic analysis of innovative production and application of solar thermal chilled water for agricultural soil cooling.
Autor(es)	RasaqAdekunle Olabomi; Jaafar, A. B.; Md Nor Musa; Shamsul Sarip; Azrin Ariffin
Año Publicación	2017
Fuente	Renewable and Sustainable Energy Reviews

Sustainable chilled water production from solar thermal combined power and cooling is presented in this paper to use the (virtually) free solar energy in the tropics to run a combined plant of organic Rankine power and vapour absorption refrigeration cycle thereby generating electrical power together with chilled water production. The study involves the analysis of a sample size soil in Malaysia to determine its cooling load and the plant capacity to overcome the load. The technical analysis is based on the performance of the combined plan over a range of working fluid superheating temperature and the effective solar collector size to supply the needed heat at the range of the temperatures. The economic analysis is carried out (using RETScreen software) by comparing all the associated costs of the present case (using solar energy) with a based case (using power from the national grid) over a 20-year plant life. Analysis shows that 3.5 kW plant size of the present case has a simple payback time of 14.2 years, while 7.0 kW plant size gives simple payback time of 10.8 years. The sensitivity shows that change in investment cost has more influence on viability of the system than electricity cost.

- **Cogeneración**

En términos de cogeneración, el estudio identificado explora los beneficios ambientales de la producción de biogás a partir de una mezcla de residuos agrícolas y animales a través de la digestión anaeróbica y su posterior uso para la generación de electricidad y calor.

Título	Environmental assessment of energy generation from agricultural and farm waste through anaerobic digestion.
Autor(es)	Nayal, F. S.; Mammadov, A.; Ciliz, N.
Año Publicación	2016
Fuente	Journal of Environmental Management

This study explores the environmental benefits and burdens of one such option, that is, biogas production from a mixture of agricultural and animal waste through anaerobic digestion (AD), and its subsequent use for electricity and heat generation. A life-cycle assessment methodology was used, to measure the potential environmental impact of this option, in terms of global warming and total weighed impact, and to contrast it with the impact of producing the same amount of energy via an integrated gasification combined cycle process and a hard coal power plant. This study concentrates on an AD and cogeneration pilot plant, built in the Kocaeli province of Turkey and attempts to evaluate its potential environmental impacts. The study uses laboratory-scale studies, as well as literature and LCI databases to derive the operational parameters, yield and emissions of the plant. The potential impacts were calculated with EDIP 2003 methodology, using GaBi 5 LCA software. The results indicate that N₂O emissions, resulting from the application of liquid and solid portions of digestate (a by-product of AD), as an organic fertilizer, are by far the largest contributors to global warming among all the life cycle stages. They constitute 68% of the total, whereas ammonia losses from the same process are the leading cause of terrestrial eutrophication. The photochemical ozone formation potential is significantly higher for the cogeneration phase, compared to other life cycle stages of the proposed scenario, due to NO_x being emitted from the gas engine during combustion. Overall, the total environmental impact of the option was determined to be ten times lower than that of a hard coal option and 50% lower than the gasification option, since the latter does not generate digestate that is able to replace mineral fertilizer, thus mitigating the environmental footprint. Finally, the sustainability of energy production from agricultural and farm waste, via AD, was further enhanced by eliminating it from conventional waste management system practiced in the region, i.e. landfilling.

3.1.1.4 Investigaciones asociadas a especies priorizadas

Atendiendo a las especies priorizadas, se han identificado tres publicaciones que aplican principalmente a cultivos de uva, y que consisten en el uso de energía solar en sistemas de riego y monitoreo agroclimático de bajo costo.

Título	Wireless sensor network with irrigation valve control
Autor(es)	Coates, R. W.; Delwiche, M. J.; Broad, A.; Holler, M.
Año Publicación	2013
Fuente	Computers and Electronics in Agriculture

Wireless sensor networks in agriculture are becoming more common, but typically support sensing only and not control. Much of the work on wireless sensor networks with integrated control has been conducted in academic research. To promote commercially-available wireless sensing and control networks, valve control hardware and software were developed to be compatible with a commercial wireless sensor node. The work was conducted in collaboration with a wireless network vendor such that the research results and the product itself could ultimately be available to growers. The valve actuation system included development of custom node firmware, actuator hardware and firmware, an internet gateway (base computer) with control, and communication and web interface software. Single hop radio range (line-of-sight) for the mesh network reached 1610 m. Thirty-four valve actuators were installed in the field to control 54 valves and monitor 6 water meters. Solar panel energy production by a node exceeded the likely energy demand for valve control. Analysis of the packet success rate was not completed, but missing data were not apparent. Valve control hardware withstood 6000 short-circuited and 11,000 normal actuations during stress tests. The valve control network was estimated to have a payback period of about 3.5-4.5 years, though some vineyard growers claimed to see payback in less than 3 years.

Título	Agrometeorological monitoring: low-cost and open-source - is it possible?
Autor(es)	Matese, A.; Gennaro, S. F. di; Zaldei, A.
Año Publicación	Italian Journal of Agrometeorology
Fuente	2015

The paper describes the development and application of a low-cost and open-source system for agrometeorological monitoring. The system is based on the Arduino platform and agrometeorological sensors. Data are transmitted using a WiFiShield and GSM/GPRS Shield. The system is equipped with different agrometeorological sensors: air temperature and relative humidity, solar radiation, wind speed, rain gauge, leaf wetness, atmospheric pressure, soil moisture, and a solar panel and battery made it energy self-sufficient. After a testing period in the lab, the field test was conducted in an experimental vineyard of CNR-IBIMET in the summer of 2013. The system has provided excellent results in terms of accuracy and stability of the acquired data from each sensor. This study shows that it is possible to monitor agricultural systems with low-cost devices. The potential of the system is high, as it has proved to be highly flexible to the different needs of the user due to the open-source philosophy, allowing maximum customization in terms of programming and the possibility of adding a wide range of sensors.

Título	OsiriS: new pedoclimatic web monitoring system for irrigation, management and Psa control.
Autor(es)	Marcon, M.; Cacioppo, O.; Tacconi, G.; Huang, E. D.; Zhang, Q.
Año Publicación	2015
Fuente	Acta Horticulturae

The soil and climate data that are being collected in a kiwifruit orchards by a web monitoring system called OSIRIS. The OSIRIS system consists of four main components: (1) Environmental sensors; (2) Solar powered sensor acquisition units "OsiNode" that are connected by cable to the sensors and transmit data via radio; (3) Web gateway "OsiGate" that collects data from "OsiNode" and send it via the Internet; and (4) client device (PC, tablet or Smartphone to display field data through a common web browser). Through the OSIRIS system is possible to continuously monitor

soil and climate criteria that are essential to achieve the best production results such as: soil tension by an electronic tensiometer probe, volumetric water content of soil, air temperatures above and below foliage, light intensity above and under the canopy; relative air humidity; soil pH, temperature and electrical conductivity of soil; speed and direction of wind; rain-water quantity; quality of water and other factors. In our research, we found that the optimization of copper treatment in Psa field trial led to high reduction of symptoms (-60%) when copper application (Cu-oxide and Cu-sulphate) were done after 30 mm of rainfall and before the subsequent rain. The monitoring of soil water content reveal the excess of water due to excess of irrigation that lead in vine decline (about 600 hectares in Verona province). Moreover water consumption was reduced up to 60%.

3.1.2 Análisis de la producción tecnológica

A partir de 235 documentos de patentes identificados, se observa que el nivel de patentamiento en el ámbito Energías renovables para autoconsumo creció 27% en los últimos 5 años, pasando de 41 documentos de patentes en 2013 a 52 en el año 2017. Sin embargo, se observa un fuerte retroceso entre 2015 y 2016, con una disminución cercana al 30% en la cantidad de documentos de patentes solicitadas y concedidas.

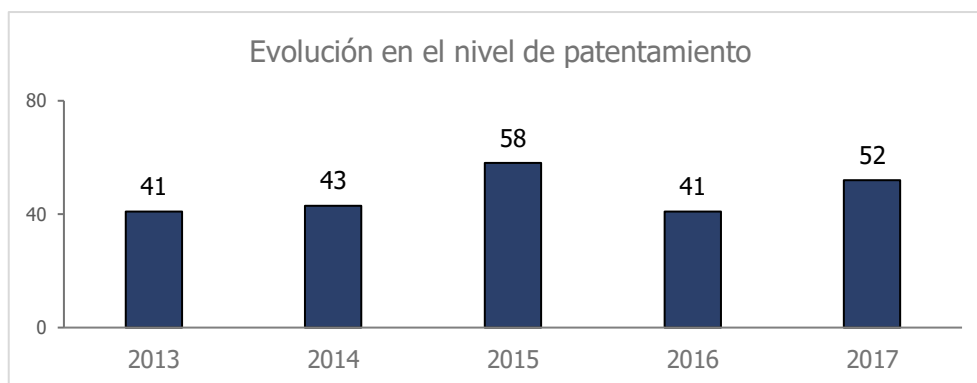


Figura 3.6 Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Energías Renovables para Autoconsumo, en el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

Esta tendencia inestable en el nivel de patentamiento para los últimos 5 años, se explica principalmente por una fuerte caída en la cantidad de solicitudes de patentes. Por otra parte, la recuperación en el nivel de patentamiento durante 2017 se debe a un aumento significativo en la cantidad de patentes concedidas, mientras que la cantidad de solicitudes aumentó levemente.

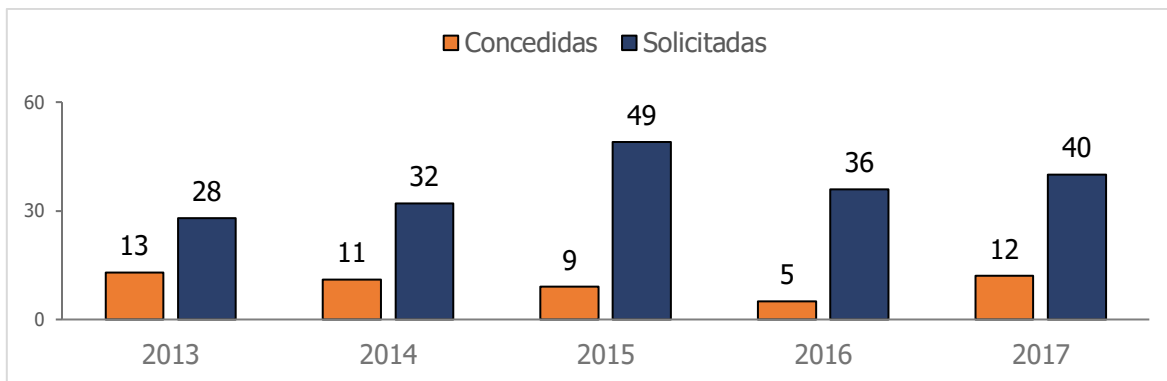


Figura 3.7 Evolución en el nivel de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Energías Renovables para Autoconsumo, en el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.1.2.1 Países líderes

Estados Unidos lidera el desarrollo de nuevas tecnologías en este ámbito, concentrando el 47% de las patentes solicitadas y concedidas durante el período 2013 - 2018. Le siguen China, Italia, Canadá y Alemania, tal como se muestra en la siguiente figura.

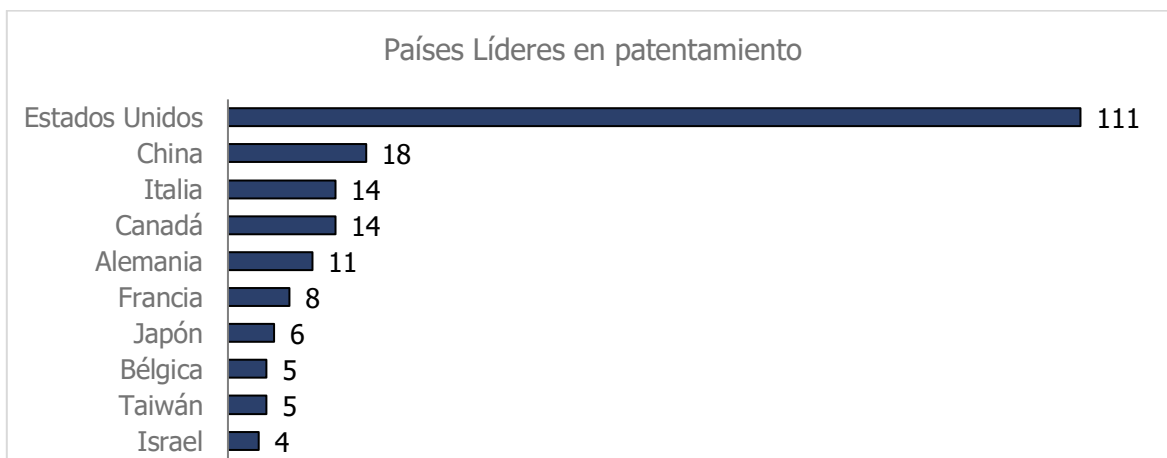


Figura 3.8 Países líderes en patentamiento en el ámbito Energías Renovables para Autoconsumo, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.1.2.2 Instituciones líderes

En relación con las instituciones líderes en patentamiento, se destacan empresas que fabrican y comercializan soluciones para la industria agrícola en general, tales como Deere & Co., ROC Srl., y AGCO Corporation, entre otras. Por otra parte, también se identifica la presencia de empresas que desarrollan y comercializan soluciones TICs para diversas

industrias, siendo una de ellas el sector agrícola, como en el caso de la empresa IBM, que para este ámbito en particular resulta ser la institución líder en cantidad de patentes solicitadas y concedidas durante el período 2013 – 2018, mientras que BASF Plant Science se posiciona en el segundo lugar en desarrollo de nuevas tecnologías, es particular por sus innovaciones asociadas con la agricultura de precisión.

En la siguiente figura muestra las instituciones líderes en patentamiento para el período 2013 – 2018.

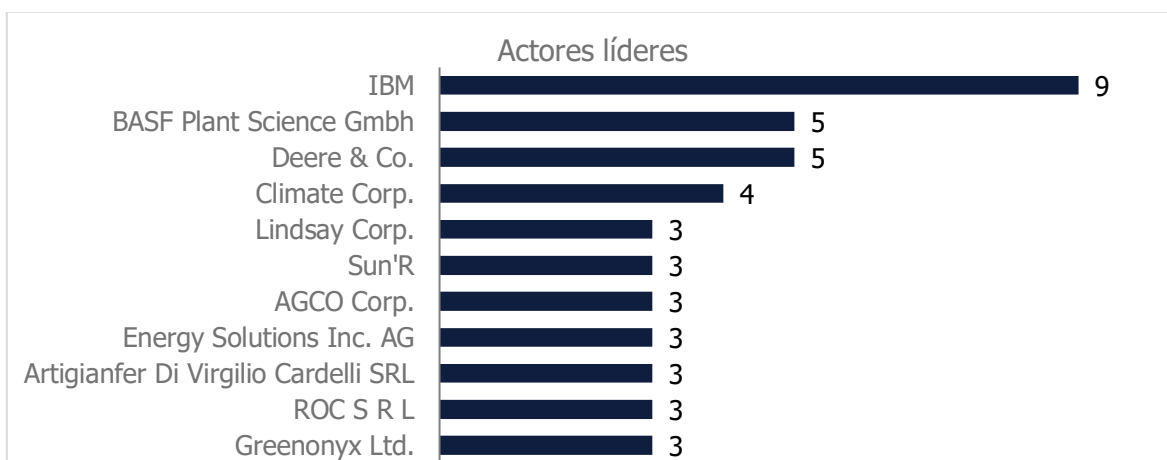


Figura 3.9 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Energías Renovables para Autoconsumo, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.1.2.3 Áreas tecnológicas más patentadas

Para la clasificación de las patentes según las áreas tecnológicas más patentadas, se hace una revisión del Sistema de Clasificación Internacional de Patentes (CIP)⁶, y se identifican las áreas tecnológicas más utilizadas por las instituciones que actualmente desarrollan nuevas tecnologías en el ámbito de energías renovables para autoconsumo.

La tabla 3.1 contiene el listado de los códigos CIP más patentados entre los años 2013 y 2018, junto con la descripción de cada uno de ellos. Además, se indica la frecuencia de aparición, es decir, la cantidad de documentos de patentes que contienen dicho código en relación a los 235 documentos de patentes identificados en el ámbito de interés.

⁶ La Clasificación Internacional de Patentes (CIP), constituye un sistema jerárquico de símbolos que no dependen de idioma alguno para la clasificación de las patentes y los modelos de utilidad con arreglo a los distintos sectores de la tecnología a los que pertenecen. Ver el detalle en el siguiente [enlace](#).

Tabla 3.1 Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Energías Renovables para Autoconsumo, en el período 2013-2018.

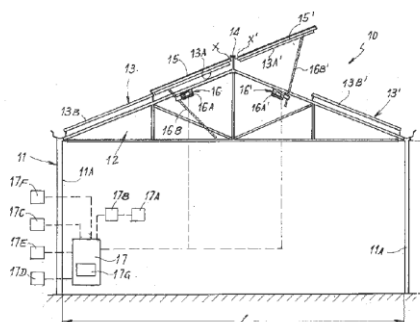
Código CIP	Descripción	Cantidad de patentes
A01G002516	Control del riego	24
A01G000924	Dispositivos de calefacción, aireación, climatización o riego en los invernaderos, vidrieras o instalaciones similares	19
A01G002700	Dispositivos automáticos de riego	11
A01G003102	Cultivo hidropónico; Cultivo sin tierra. Aparatos especiales a este efecto.	11
A01G000914	Invernaderos	10
A01G002509	Sistemas de riego mediante la utilización de instalaciones móviles sobre ruedas o análogos	8
A01G000704	Tratamiento eléctrico magnético de los vegetales para favorecer su crecimiento	6
A01G 13/00	Protección de cultivos	6

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

Tecnologías asociadas a los códigos CIP más patentados⁷

Con respecto a las tecnologías que se clasifican en los códigos CIP más patentados para el ámbito Energías Renovables para Autoconsumo, en el período 2013 - 2018, se destaca la patente [US20160073591A1](#) “Reconfigurable solar array and method of managing crop yield using the same”, solicitada por la empresa Surany Research & Development Llc (Estados Unidos), que describe un colector solar reconfigurable que posee un poste de soporte que se puede montar de forma telescópica para ser incorporado en cultivos. Posee un conjunto de paneles que se pueden mover desde una posición horizontal desplegada hasta una posición vertical contraída. Este sistema permite combinar la energía solar y producción agrícola en una relación simbiótica que optimiza los ingresos de ambas fuentes.

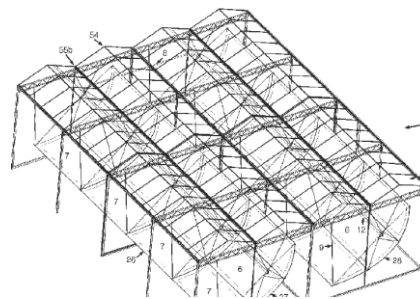
La incorporación de tecnologías para la generación de energías renovables en sistemas de invernaderos es un área que se ha explorado de forma extensiva en los últimos años. Así, la patente [WO2017156849A1](#) (Zhongli Talesun Solar Ltd. - China) describe un sistema y un dispositivo de control para un invernadero ecológico que incorpora paneles solares para la generación de energía que puede ser utilizada para la operación del invernadero u otros usos dentro de una granja agrícola. La patente [EP2825021B1](#) (Artigianfer Di Virgilio Cardelli Srl - Italia), describe un sistema de invernadero capaz de producir energía eléctrica mediante la utilización de módulos solares fotovoltaicos, los que se fijan a la porción pivotante del techo del invernadero, de tal manera que el módulo fotovoltaico sigue el movimiento de la parte pivotante.



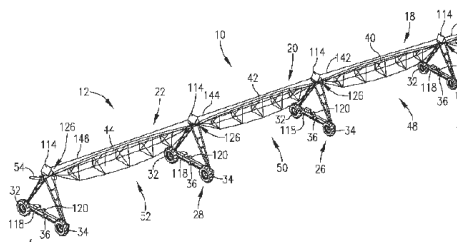
⁷ En archivo Excel anexo a este Informe se entrega una relación completa de los documentos de patentes identificados para cada uno de los ámbitos de interés.

De esta forma se pretende optimizar el rendimiento de los módulos fotovoltaicos y el rendimiento del cultivo del invernadero.

Otra tecnología que sigue esta línea, asociada con el uso de energía solar fotovoltaica en invernaderos, es la patente [US8887712B2](#) “Concentrated solar energy system for glass house such as commercial green House”, solicitada por la empresa Glasspoint Solar Inc. (Estados Unidos), en donde se describe un sistema de energía solar concentrado para ser incorporado en invernaderos, especialmente en invernaderos de tipo comercial, que tiene un concentrador que se gira selectivamente sobre la línea focal del invernadero, para concentrar una fracción de la radiación solar. El sistema utiliza espejos para concentrar energía solar en un espacio grande y enfocar la energía, convirtiendo la energía solar entrante en calor o electricidad.



Otra área ampliamente desarrollada dentro de este ámbito corresponde al uso de energía renovable para los procesos de irrigación. En este sentido se destaca la patente [US8876026B2](#) “Method and system for orienting solar powered irrigation systems”, solicitada por la empresa Lindsay Corporation (Estados Unidos), en donde se describe un sistema de riego por pivote central alimentado por energía solar, que se utiliza para regar cultivos. Este tiene paneles solares en su sección principal, y una sección de posicionamiento del sistema de control en relación con el pivote, de modo que los paneles se pueden mover y orientar directamente al sol. En la patente [US8517289B2](#) “Solar powered irrigation machine”, solicitada por la misma empresa, se describe un aparato y el método para mover un dispositivo móvil usando energía solar para ser utilizada con un sistema de irrigación. En este caso, ambas tecnologías son complementarias y apuntan al desarrollo de un sistema para irrigación que utiliza energía solar para su funcionamiento.

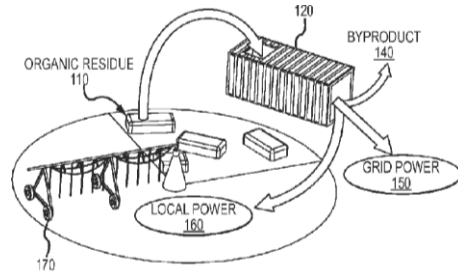


Otros desarrollos asociados al uso de energías renovables para los procesos de irrigación se observan en las patentes [WO2016174576A1](#) “Irrigation and fertilization system powered by solar energy” solicitada por Sergio Strazzella (Italia); [WO2015124810A9](#) “System for pressurised irrigation from a trailer with a module for generating photovoltaic energy”, solicitada por la empresa Siguiendo Al Sol SI (España), y [WO2014131365A1](#) “Solar-powered multifunction translational irrigation machine”, solicitada por Li WENZE (China).

Se destaca también el desarrollo de nuevas tecnologías que incorporan fuentes de energía renovable para la gestión integral de los predios agrícolas. Así, la patente [US20150005964A1](#) “System, Method, and Apparatus for Optimizing Efficient Use of Resources in a Controlled Farming Environment”, solicitada por Matthew Liotta (Estados Unidos), describe un sistema para optimizar el crecimiento de plantas para un conjunto de plantas en un sistema de cultivo hidropónico, que posee una fuente eléctrica acoplada a fuentes de luz en la que la interfaz eléctrica proporciona un enlace de comunicación desde

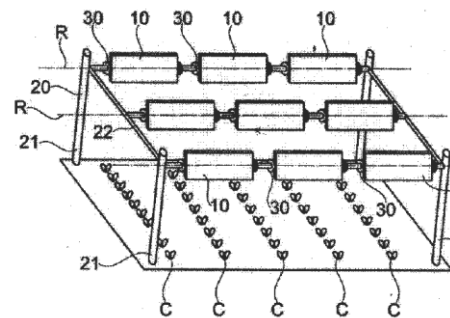
la fuente eléctrica y el controlador. En este caso, el nuevo desarrollo incorpora el uso de una o más fuentes de energías renovables, tales como eólica y/o solar.

La patente [US20150059245A1](#) “Apparatuses, systems, mobile gasification systems, and methods for gasifying residual biomass”, solicitada por la compañía Energy Solutions Inc. (Estados Unidos), describe un sistema de gasificación a partir de biomasa residual, el que cuenta con un sistema de gasificación móvil que está configurado para generar energía eléctrica utilizando gas de síntesis y el sistema de gasificación móvil está configurado además para ser instalado en una estructura transportable. En este caso, como biomasa residual para la generación de energía eléctrica se pueden utilizar desechos de las operaciones agrícolas. Por otra parte, la patente [WO2015101315A1](#) “Rail base-movable photovoltaic power generation in farmland and automatic farming apparatus and method”, solicitada por Shi Guoliang (China), describe un sistema de generación de energía fotovoltaica móvil con base de rieles, que se utiliza para operaciones agrícolas.



Tecnologías asociadas a especies priorizadas

Si bien son pocas las tecnologías que hacen referencia específica a una especie de cultivo en particular, se destacan algunos desarrollos recientes que describen su aplicación en algunas de las especies priorizadas a nivel regional. Así, la patente [US20170126172A1](#). “Electricity generation method adapted to crops”, solicitada por la empresa SUN'R (Francia), describe un método para controlar la orientación de un conjunto de sensores fotovoltaicos direccionales mediante una computadora, de manera automática, para actuar sobre las condiciones micro climáticas de un cultivo. La orientación de los sensores fotovoltaicos direccionales se cambia para colocar los cultivos en condiciones micro climáticas, lo que permite obtener un resultado agrícola requerido previamente, al tiempo que se garantiza la producción de energía eléctrica. En este caso, su aplicación en cultivos de uvas, se basa en que la orientación de los sensores se selecciona de acuerdo con el grado de azúcar buscado, mejorando así la calidad de la vid.



La patente [US20130308675A1](#) “Optimum plant canopy temperature”, solicitada por la empresa Smartfield Inc. (Estados Unidos), describe un aparato utilizado para determinar una temperatura óptima del dosel de una planta, que comprende una sonda de medición conectada a un fluorómetro y un mecanismo móvil, de tal manera que el mecanismo móvil mueve la sonda de medición en diversas posiciones sobre la placa térmica. En esta tecnología se describe su uso para cultivos de paltos (*Persea americana*).

3.2 Gestión de Recursos Hídricos

3.2.1 Análisis de la producción científica

En términos de la producción científica, se identificaron 1.395 publicaciones en el período 2013-2018, las cuales se distribuyen de manera creciente en el tiempo, mostrando con ello un importante interés de parte de la comunidad científica por el desarrollo de trabajos en esta línea.

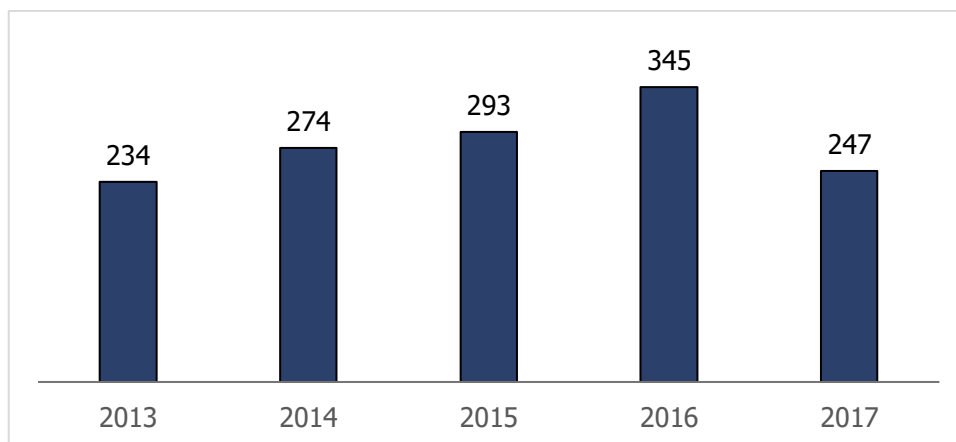


Figura 3.10 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.⁸

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.2.1.1 Países líderes

La producción científica ha venido de la mano de 98 países, liderados por China con 177 investigaciones en el periodo 2013 -2018. En segundo lugar se encuentra Estados Unidos con 152 publicaciones, y en tercer lugar India con 100 investigaciones en el periodo analizado (ver figura 3.11)

En la figura 3.11 también se puede observar que Brasil aparece en el séptimo lugar con 59 publicaciones científicas, posicionándose como el líder de la Región Centro Sudamericana en los ámbitos de investigación vinculados a la línea gestión de recursos hídricos. En la región, le siguen en el ranking países tales como Chile, México, Argentina, Colombia y Uruguay.

⁸ Se omiten los resultados del 2018 por ser un año en curso. Para el 2018 se han identificado 2 publicaciones.

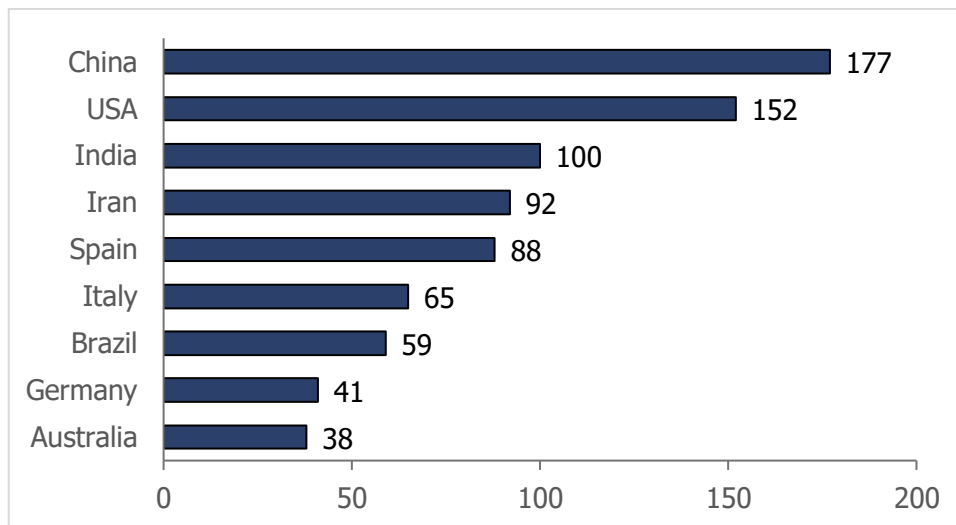


Figura 3.11 Países líderes con 38 o más publicaciones
 Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.2.1.2 Instituciones líderes

En la figura 3.12 se muestran las instituciones líderes que poseen diez o más publicaciones científicas en el período 2013-2018, las cuales corresponden principalmente a universidades, agencias de gobierno y centros de investigación.

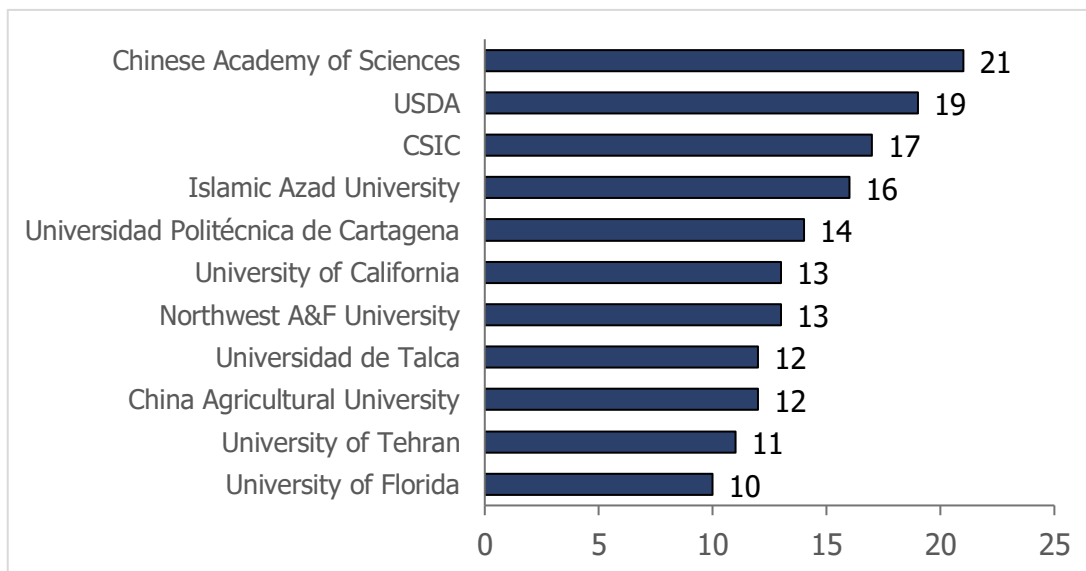


Figura 3.12 Instituciones líderes con 10 o más publicaciones
 Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

En la figura anterior, es importante destacar la presencia de la Universidad de Talca con 12 publicaciones, de las cuales las más recientes corresponden a las siguientes:

- Ortega-Farías, S., Ortega-Salazar, S., Poblete, T., Poblete-Echeverría, C., Zúñiga, M., Sepúlveda-Reyes, D., Kilic, A., Allen, R. (2017). *Estimation of olive evapotranspiration using multispectral and thermal sensors placed aboard an unmanned aerial vehicle.*
- Fuente-Sáiz, D. de la, Ortega-Farías, S., Fonseca, D., Ortega-Salazar, S., Kilic, A., Allen, R. (2017). *Calibration of METRIC model to estimate energy balance over a drip-irrigated apple orchard.*
- Fuente-Sáiz, D. de la, Ortega-Farías, S., Ortega-Salazar, S., Carrasco-Benavides, M., Kilic, A., Allen, R. (2017). *Estimation of water requirements for a drip-irrigated apple orchard using Landsat 7 satellite images.*

El tejido empresarial es menos destacado en productividad científica. No obstante, se han identificado algunas empresas tales como Sol Chip Ltd. (Israel), DRAXIS Environmental S.A. (Grecia) y Widhoc Smart Solutions S.L. (España), descritas en capítulos anteriores. Adicionalmente se encuentran la empresa italiana **Ariespace s.r.l.**, formada en el 2006 como una *spin-off* de la Universidad de Nápoles.



Ariespace s.r.l., proporciona sistemas de soporte a las decisiones basados en observaciones satelitales, datos geoespaciales y modelos biofísicos. En términos del trabajo científico, se identificó una publicación en el periodo 2013 – 2018, la cual describe una aplicación para la observación de la tierra y detección de riego no autorizado, mediante la adquisición de imágenes satelitales multiespectrales a partir de sensores que tienen diferentes resoluciones espaciales y temporales. La publicación corresponde a la siguiente:

- Michele, C. de, Natalizio, M., D'Urso, G. (2017). *Applying earth observation to detect non-authorized irrigation: the case study of Consorzio Sannio Alifano (Italy).*

3.2.1.3 Áreas de Investigación

A partir del análisis de las palabras clave de mayor prevalencia en las publicaciones científicas, en el periodo 2013 – 2018, se observa que los trabajos de investigación han estado vinculados mayoritariamente al monitoreo remoto del riego y la calidad y composición del agua, al identificarse las palabras: *irrigation, monitoring, remote sensing, water quality and water composition and quality*, como las de mayor frecuencia.

Sumado a lo anterior, en la figura 3.13 se observan palabras claves relacionadas a humedad del suelo y evapotranspiración, conceptos muy importantes en todo lo referido a ciclo y balance de agua, y su conocimiento permite estimar la disponibilidad del recurso agua y con ello realizar un mejor manejo del mismo.



Figura 3.13 Descriptores con mayor frecuencia de aparición
Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile, 2018.

Sumado al análisis anterior, una baja frecuencia de aparición de palabras clave podría ser un tema emergente, siendo aconsejable identificarla ante una posible consolidación en el tiempo. En el ámbito de la gestión de recursos hídricos, el análisis de temas incipientes permitió identificar publicaciones vinculadas a sistemas inteligentes para la optimización del riego, y el uso de vehículos aéreos no tripulados para la estimación de la evapotranspiración.

- **Sistemas inteligentes para la optimización de riego**

Título	Developing an intelligent ICT system for environmentally optimized irrigation management in agriculture
Autor(es)	Syropoulou, P.; Symeonidou, M.; Tekes, S.; Wawer, R.; Kazantzidis, A.; Crnojevic, V.; Bruggeman, A.
Año Publicación	2017
Fuente	Journal of Agricultural Informatics
<p>Globally, agriculture makes use of 70% of all water withdrawn from aquifers, streams and lakes. Agriculture accounts for 22% of freshwater abstraction in Europe, outnumbered only by freshwater abstraction for cooling in energy production (45%). In the light of the real need to practically improve the environmental performance of irrigation systems and prevent the misuse of water, the ENORASIS project was established aimed to develop an intelligent, integrated Decision Support System (ENORASIS Service Platform and Components) for environmentally optimized and thus, sustainable irrigation management to be used by farmers and water management organizations. To achieve so, the ENORASIS project developed and integrated a bouquet of advanced</p>	

technologies, methodologies and models in the fields of: (i) weather prediction systems that exploit satellite observations; (ii) irrigation optimization techniques and (iii) smart irrigation systems; and (iv) wireless sensor networks (functioning with solar energy) as key enabling technology for field measurements and monitoring conditions. The system was tested in 5 pilot locations in Poland, Serbia, Cyprus and Turkey, providing large savings in water use as compared to other irrigation practices while not compromising crop yields. The highest savings were observed in raspberry and potato plantations in Poland, reaching 90% and 59% respectively.

Título	Smart terrace gardening with intelligent roof control algorithm for water conservation.
Autor(es)	Pandiyaraju, V.; Perumal, P. S.; Kannan, A.; Ramesh, L. S.
Año Publicación	2017
Fuente	Pakistan Journal of Agricultural Sciences

In conventional agriculture, agricultural lands are located far away from residential areas. Farmers use excess of fertilizers and pesticides in their field, which produces poisonous vegetables. Also most of the people do not have their own agriculture land. Organic vegetables in the market may not be always genuine as they may be produced using chemical components. Terrace gardening is a booming technology which solves all the above said problems of conventional agriculture and produces healthy vegetables in home. A novel intelligent approach is proposed in this paper by using fuzzy rules to cultivate the vegetables in terrace. The proposed method dynamically measures the atmospheric temperature, humidity and soil moisture in the stipulated time intervals and adjusts the terrace temperature automatically. Terrace temperature is controlled with the help of smart roofs, where smart roof plats are automatically tilted with the help of motors. With the controlled terrace temperature, the proposed fuzzy rule based intelligent system irrigates the crops with exact quantity of water which conserves water, electricity, avoids excess irrigation and produces good yield.

- **Vehículos aéreos no tripulados para estimación de la evapotranspiración**

Título	Estimation of olive evapotranspiration using multispectral and thermal sensors placed aboard an unmanned aerial vehicle.
Autor(es)	Ortega-Farías, S.; Ortega-Salazar, S.; Poblete, T.; Poblete-Echeverría, C.; Zúñiga, M.; Sepúlveda-Reyes, D.; Kilic, A.; Allen, R.
Año Publicación	2017
Fuente	Acta Horticulturae

A field experiment was carried out to develop a remote sensing energy balance (RSEB) algorithm for estimating olive evapotranspiration (ET) using multispectral and thermal sensors placed aboard an unmanned aerial vehicle (UAV). During February and March 2014, measurements of micrometeorological variables, surface energy balance components and remote sensing data were obtained from a drip-irrigated olive orchard located in the Penciahue Valley, Maule Region, Chile (35°25' L.S; 71°44' L.W; 90 m a.s.l.). The performance of the RSEB algorithm was evaluated using measurements of ET obtained from an eddy correlation system. Results indicated that RSEB algorithm overestimated ET by about 13% with a root mean squared error (RMSE) and

mean absolute error (MAE) of 0.43 and 0.29 mm d⁻¹, respectively. Major errors were associated with the estimation of sensible heat flux from the canopy and soil, especially when the wind speed was greater than 2.5 m s⁻¹.

3.2.1.4 Investigaciones asociadas a especies priorizadas

A continuación se presentan ocho publicaciones vinculadas a especies priorizadas, mayoritariamente estas se encuentran asociadas a cultivos de uva. Para el caso de las nueces no se han identificado publicaciones relevantes en la materia.

- **Palto**

Título	Smartphone apps for irrigation scheduling.
Autor(es)	Migliaccio, K. W.; Morgan, K. T.; Vellidis, G.; Zotarelli, L.; Fraisse, C.; Zurweller, B. A.; Andreis, J. H.; Crane, J. H.; Rowland, D. L.
Año Publicación	2016
Fuente	Transactions of the ASABE

SmartIrrigation apps were developed to provide real-time irrigation schedules for selected crops (i.e., avocado, citrus, cotton, peanut, strawberry, and vegetables). Irrigation schedules in the smartphone apps are based on evapotranspiration (ET) or a water balance methodology using real-time weather data from the Florida Automated Weather Network and the Georgia Environmental Monitoring Network. The FAO Penman-Monteith method is used for calculating reference ET, and crop coefficients (Kc) are applied based on time after planting, calendar month, or a crop's phenological stage. The functionality of each app was customized for each user group considering the most common irrigation systems used. Custom features include water conservation options, splitting irrigation events, spreadsheet output emails, and notifications. App inputs vary by crop (primarily due to the irrigation system used); however, all apps require root depth, irrigation rate, and soil type except the strawberry app. App outputs also vary and include estimated reference ET, days between irrigation events, irrigation depth and duration, accumulated rain for previous seven days, and growing degree days. National Weather Service forecast data are also provided in the apps. The apps are available in Android and iOS stores. A limitation to the app irrigation schedules is the spatial variation in rainfall, given the finite set of weather stations. Future efforts will focus on more accurate inclusion of rainfall into the irrigation schedules generated by the SmartIrrigation apps.

- **Cítricos**

Título	Investigation of groundwater recharge under agricultural fields using transient deep vadose zone data.
Autor(es)	Turkeltaub, T.; Dahan, O.; Kurtzman, D.
Año Publicación	2014
Fuente	Vadose Zone Journal

Groundwater recharge is primarily influenced by land use and climate. Nevertheless, it is the flow and transport processes that take place in the vadose zone that ultimately control the quantity and quality of groundwater replenishment. Vadose zone monitoring systems (VMSs) were implemented under agricultural fields. The VMSs provided continuous information on both the temporal variation in water content and the chemical composition of the sediment pore water at multiple depths in the deep vadose zone (~20 m). Models for vertical unsaturated flow and chloride transport were calibrated to the transient data. The calibrated models were then used to investigate the temporal characteristics of groundwater recharge coupled with chloride fluxes under a crop field and a grapefruit orchard. Examination of the transient data obtained under the two sites provided insight into the percolation processes and solute mobility in the deep vadose zone. Model simulations resulted in average recharge fluxes of 131 mm yr⁻¹ under the orchard and 199 mm yr⁻¹ under the crop field, even though average annual water input into the irrigated orchard was 2.6 times higher than that into the crop field (rainfed). The model also predicted a 44% drop in average recharge, as well as significant chloride accumulation in the vadose zone as a consequence of a reduction of 19% in rain following climate change scenarios in the area.

Título	Hydro-geophysical monitoring of orchard root zone dynamics in semi-arid región
Autor(es)	Moreno, Z.; Arnon-Zur, A.; Furman, A.
Año Publicación	2015
Fuente	Irrigation Science

Monitoring the moisture patterns at the root zone is necessary for agricultural, hydrological, and environmental applications. Conventional monitoring methods are usually invasive, destructive, and only sample at a small spatial scale. Electrical resistivity tomography (ERT) can set an alternative or be complementary to common traditional methods in evaluating the moisture content and its spatiotemporal patterns. In this study, we used the ERT method to monitor the hydro-geophysical dynamics under a drip-irrigated citrus orchard in a semi-arid region. Geophysical surveys were performed monthly for over a year. The obtained data from the electrical measurements were inverted to produce 2D tomograms of the bulk electrical conductivity. Calibrations of the petrophysical relations were conducted using both laboratory and field procedures. The obtained electrical results, and especially their temporal dynamics, cannot always be explained using the common assumption of uniform spatiotemporal distribution of the pore water electrical conductivity. To separate the two main components of the petrophysical relations, namely water content and pore water conductivity, we used a modeling approach. A coupled flow and transport model was calibrated using the electrical conductivity measurements, allowing separation of the contribution of the water content and pore water electrical conductivity to the bulk electrical conductivity. This allowed explaining the temporal dynamics of the measured electrical signal and a better understanding of the water and solute dynamics in the root zone.

Título	Quality monitoring for a water reclamation system in a mandarin orange canning factory.
Autor(es)	Wu Dan; Chu Yin; Chen JianChu; Hong JiGuang; Gao HaiFeng; Fang ZhongXiang; Shen Lei; Lin MengNan; Liu DongHong; Ye XingQian
Año Publicación	2013
Fuente	Desalination and Water Treatment

To conserve water in the mandarin orange canning industry, a water reclamation system was designed for a production scale of 50 kL/h. The discharged water from mandarin transportation using a conveyor belt was collected in a pool, chlorinated, filtered by active carbon, and then UV-sterilized. This water was then reused for the processes of segmenting, transportation, and washing after alkaline solution treatment. The water quality had been monitored during the water reclamation. The results showed that the reused water quality was improved by the system and the main physicochemical properties and sensory index were conformed to the requirements of Chinese National Standard GB5749 except the index of chemical oxygen demand. The reused water contained about 0.4 ppm of chlorine and 10 $\mu\text{g/mL}$ of pectin. The total bacterial count was ≈ 10 CFU/mL and no *Escherichia coli* was detected. The seasonal production monitoring results showed that the quality of disposed water from this system remained stable. This technology might be useful for water reclamation in other fruit processing plants.

- **Cultivos de uva**

Título	Remote sensing of irrigation requirements in wine grapes; validation of an energy balance model and potential application of vegetation indices.
Autor(es)	Mendez-Costabel, M.; Morgan, A.; Dokoozlian, N.; Thoreson, B.; Clark, B.
Año Publicación	2014
Fuente	Acta Horticulturae

Field measurements of basal crop coefficients (K_c) were taken during the 2001 season in order to validate the energy balance algorithm at the land level (SEBAL) in multiple commercial vineyards located within the Central Valley of California. For this purpose, we used estimates of crop coefficients (ET_a/ET_o), basal crop coefficients (ET_p/ET_o), and NDVI, all derived by SEBAL North America from Landsat TM 5 images collected at different times during the growing season. Since vineyard evapo-transpiration (ET_a) is affected by the interaction between irrigation levels and atmospheric demand we focused on potential water use (ET_p) and basal crop coefficients ($K_c=ET_p/ET_o$). The basal crop coefficients obtained from SEBAL were compared with field measurements of potential water use collected over several locations in multiple commercial vineyards. The results showed a very good accuracy of the SEBAL model (error +/-5% across multiple vineyards and varieties). We also looked at the relationship between basal crop coefficients and NDVI, and then studied the link between NDVI and vineyard parameters such as yield, and soluble solids. NDVI and basal crop coefficients for almost two hundred commercial vineyards were analyzed covering a very wide range of the two variables, which were found to be highly correlated ($r^2>0.95$) However, NDVI did not correlate very well with either yield or fruit composition variables such as soluble solids.

Título	Decision support systems in water resources in the demarcated region of Douro - case study in Pinhão river basin, Portugal.
Autor(es)	Fernandes, L. F. S.; Marques, M. J.; Oliveira, P. C.; Moura, J. P.
Año Publicación	2014
Fuente	Water and Environment Journal

This paper puts forward the importance of decision support systems (DSS) for the planning and management of water resources. A case study of the Pinhão river basin, in Portugal, is presented. Given the importance of vineyards in the Douro region, it is important to determine if water availability will be enough to meet present and future water demands. In order to answer this question, DSS tools were used to assess different scenarios. The MIKE BASIN software was used in the hydrographical basin of Pinhão river, assisted by a geographic information system, GIS, which allowed the modelling of the basin, both temporally and spatially, facilitating the visualisation and interpretation of results. According to the attained results, it was verified that, at present, the hydrographical basin meets the considered water needs. The DSS proved to be an important tool to assist the decision-making process in the studied river basin.

Título	Thermal remote sensing measurements as a tool to monitor evaporation/transpiration in vineyards.
Autor(es)	Sanchez, J. M.; López-Urrea, R.; Cuxart, J.; Montoro, A.;- Caselles, V.; Cruz, F. de la; Dona, C.; Martinez, L.
Año Publicación	2017
Fuente	Acta Horticulturae

An accurate estimation of crop evapotranspiration (ET_c), and its partition into both components, soil evaporation (E) and canopy transpiration (T), is known to be critical for a more effective irrigation scheduling of row-crops in arid and semi-arid environments. Vineyards are the best example in Mediterranean countries. In a recent experiment based on lysimeter measurements, we tested the potential of the two-source energy balance modeling using thermal radiometry to derive isolated T. The aim of this work is to improve our understanding of the E/T partition by establishing a separate energy balance for soil and canopy components. Two similar experiments were conducted using different vine cultivars, at separate locations and different environments in Spain: Palma de Mallorca (June-October, 2012) and Barrax, Albacete (June-October, 2013). A set of thermal-infrared radiometers were assembled pointing directly to the plants and the soil between rows. Measurements of the four components of the net radiation over the canopy and soil heat fluxes, as well as meteorological variables and biophysical parameters were all collected and stored every 15-min. Hourly and daily averages were then computed and analyzed. An average daily ET_c value of 3.1 mm day⁻¹ was observed in both sites. Interrow soil evaporation reached as much as 40 and 30% of the total ET_c in Mallorca and Barrax, respectively. These results provide a first insight into the partition E/T and show the potential of the vine thermal characterization with this aim.

Título	Hydro-Tech: an automated smart-tech decision support tool for eco-efficient irrigation management.
Autor(es)	Todorovic, M.; Riezzo, E. E.; Bueno, V.; Zippitelli, M.; Galiano, A.; Cantore, V.
Año Publicación	2016
Fuente	International Agricultural Engineering Journal

Hydro-Tech is a new automatized decision support system which integrates the results of scientific achievements and technological innovations in the fields of crop water requirements and irrigation scheduling, on-field data acquisition, transmission and management, and application of web and app tools for real-time irrigation management. The system combines agronomic, engineering, environmental and economic aspects of water management, aims to improve the eco-efficiency of agricultural water use and may be applied at both farm and irrigation district scale using the advanced technological solutions for the continuous sensor-based monitoring of the soil-plant-atmosphere continuum and the remote control of irrigation supply networks. Hydro-Tech is based on the standard FAO-56 approach for the estimation of reference evapotranspiration using the Penman-Monteith equation and determination of crop water requirements and irrigation inputs under different water management strategies. The system has a modular and flexible structure which permits the creation of the user specific scenarios based on the real on-farm conditions and constraints. As such, the system allows the estimation of reference and crop evapotranspiration under limited data availability and employs the latest scientific achievements to recover the missing data and to develop the crop coefficient curves according to the specific crop species, biometric and phenological characteristics. The crop development is modeled by means of both calendar-day and heat-unit concepts. The real-time soil water balance is based on a simply cascading approach, runs on a daily basis and includes the high-resolution weather forecasting data which permits the pro-active irrigation management considering three to seven forthcoming days. A dynamic multi-crop/multi-plot/farm optimizer supports the user-defined setting of constraints and irrigation priorities at the farm scale by taking into account the water availability at its quality, the soil water moisture level and eventual crop water stress, and the economic parameters. Hydro-Tech provides standard interfaces connecting the on-field devices with the client software application through a Data Cloud Network (Hydrotech Data Cloud, HDC) which permits wireless, via new generation of smart devices (tablets, smartphones), and continuous monitoring of the on-field conditions and the remote control and management of irrigation. Hydro-Tech was developed within the framework of the EC-ERDF program and it is actually operated in the Apulia Region (Italy) at different farms for the irrigation management of peach and olive orchards, wine and table grapes, and vegetables.

3.2.2 Análisis de la producción tecnológica

A partir de 965 documentos de patentes identificados para el ámbito Gestión de Recursos Hídricos, se observa que la evolución en el nivel de patentamiento muestra un elevado crecimiento entre 2013 y 2015, considerando que el total de patentes solicitadas y concedidas en dicho período aumentó un 38,4%. Sin embargo, entre 2015 y 2017 se observa un nivel de patentamiento más estable, con un promedio anual de 210 patentes solicitadas y concedidas, tal como se observa en la siguiente figura.

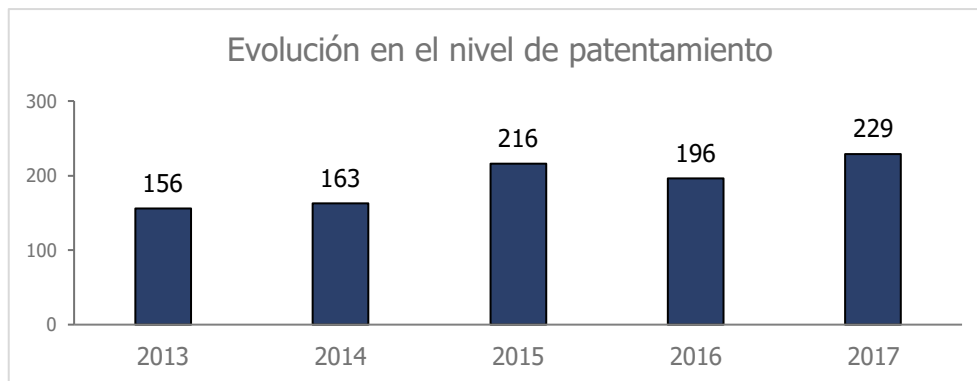


Figura 3.14 Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Gestión de Recursos Hídricos, en el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

Esta tendencia se mantiene al analizar la cantidad de patentes solicitadas en relación al total de concesiones anuales, tal como se observa en la siguiente figura.

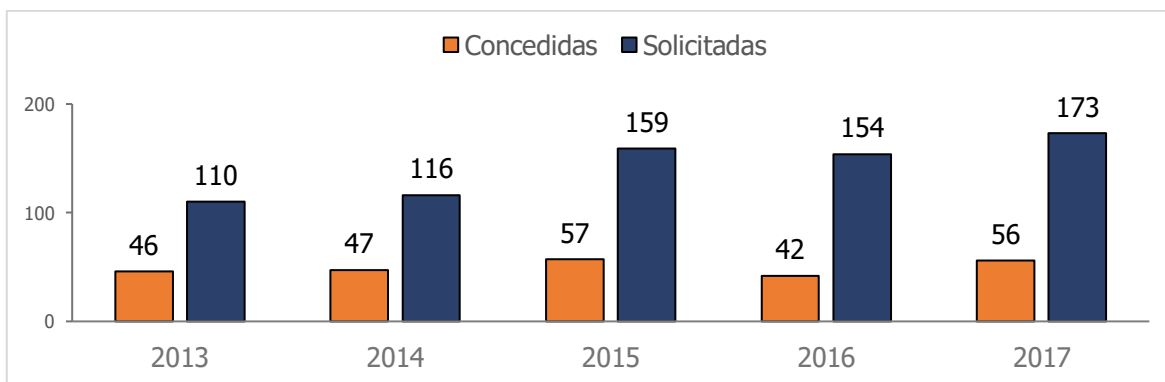


Figura 3.15 Evolución en el nivel de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Gestión de Recursos Hídricos, en el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.2.2.1 Países líderes

Estados Unidos lidera largamente la producción de nuevas tecnologías en el ámbito de Gestión de recursos hídricos, concentrando el 64% del total de documentos de patentes identificados, tanto para patentes solicitadas como concedidas. Otros países con una alta producción de patentes en este ámbito, para el período 2013 - 2018, corresponden a Israel, Australia, China y Canadá.

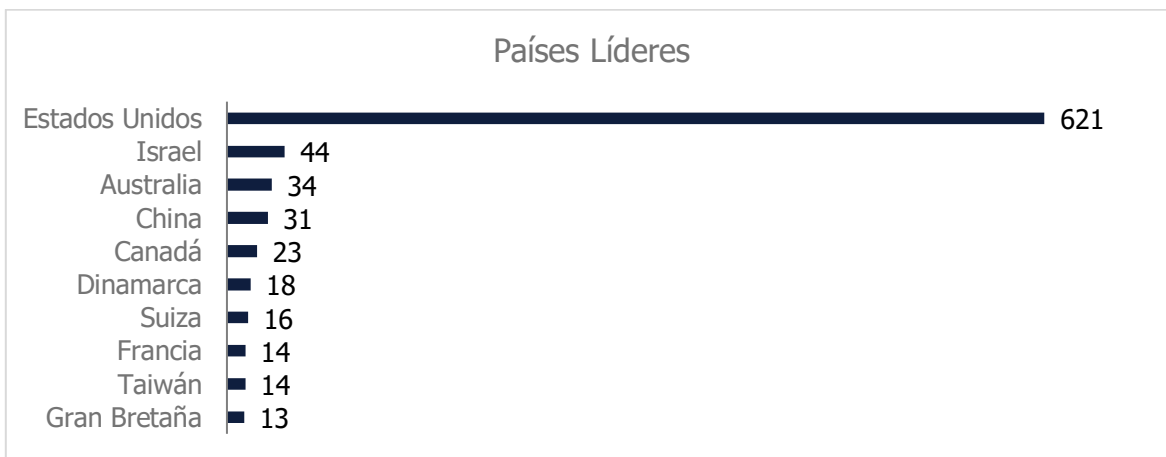


Figura 3.16 Países líderes en patentamiento en el ámbito Gestión de Recursos Hídricos, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.2.2.2 Instituciones líderes

La producción de nuevas tecnologías en el ámbito de Gestión de recursos hídricos es liderada por la empresa Rain Bird Corporation (Estados Unidos), que se destaca por la producción y comercialización de productos y servicios enfocados en sistemas de irrigación con aplicación en agricultura de precisión y otras industrias. Le siguen las empresas Lindsay Corporation (Estados Unidos), también especializada en productos agricultura inteligente, en particular sobre sistemas para irrigación, y la compañía Skydrop LLC (Estados Unidos), especializada en sistemas de control para aspersores de riego con aplicación en agricultura.

La siguiente figura muestra el listado de las principales empresas a nivel mundial en el desarrollo tecnológico asociado al ámbito Gestión de recursos hídricos.



Figura 3.17 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Gestión de Recursos Hídricos, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.2.2.3 Áreas tecnológicas más patentadas

La tabla 3.2 contiene el listado de los códigos CIP más patentados entre los años 2013 y 2018 para el ámbito Gestión de recursos hídricos, junto con la descripción de cada uno de ellos. Además, se indica la frecuencia de aparición, es decir, la cantidad de documentos de patentes que contienen dicho código en relación a los 965 documentos de patentes identificados en este ámbito.

Tabla 3.2 Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Gestión de Recursos Hídricos, en el período 2013-2018.

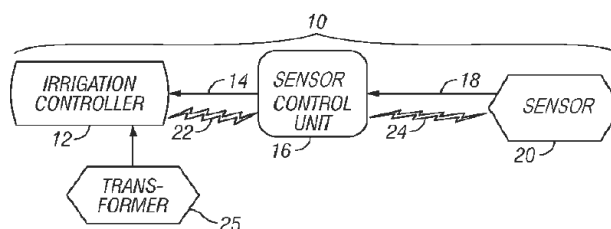
Código CIP	Descripción	Cantidad de patentes
A01G002516	Control del riego	440
G05B001502	Sistemas controlados por un computador. Eléctricos.	98
A01G002509	Sistemas de riego mediante la utilización de instalaciones móviles sobre ruedas o análogos.	98
G05D000706	Control de caudales. Caracterizado por la utilización de medios eléctricos.	76
A01G002502	Sistemas de riego colocados encima de la tierra que utilizan canalizaciones perforadas o canalizaciones con accesorios para la distribución, p. ej., para el riego gota a gota.	76
G05D001100	Control de contenidos. Control de variables químicas o físico-químicas.	56
A01G002700	Dispositivos automáticos de riego.	54
A01G002500	Riego de jardines, campos, terrenos de deporte o similares.	53

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

Tecnologías asociadas a los códigos CIP más patentados

Con respecto a las tecnologías que se clasifican en los códigos CIP más patentados en el ámbito Gestión de Recursos Hídricos, para el período 2013 - 2018, se destaca a los sistemas de control de irrigación como uno de los más relevantes. Estos nuevos desarrollos apuntan a generar sistemas que permiten controlar y ajustar los sistemas de aspersión, ahorrando recursos hídricos en el proceso. En este sentido, se destaca la patente [US20170147011A1](#) “System and method for an improved sprinkler control system”, solicitada por la empresa Rachio Inc. (Estados Unidos), donde se describe un método para establecer un cronograma de riego, que implica la recepción de una solicitud para establecer un cronograma enfocado en un controlador de aspersores. Su ventaja radica en que el sistema de control permite generar un cronograma de riego eficiente, lo que implica un ahorro de agua significativo. Además, el sistema puede ser gestionado mediante un dispositivo móvil.

Otra tecnología es esta línea corresponde a la patente [US9301461B2](#) “Systems and methods to adjust irrigation”, solicitada por Hunter Industries (Estados Unidos), donde se describe un sistema de irrigación que posee una unidad de control independiente. Esta unidad comunica un valor de ajuste de



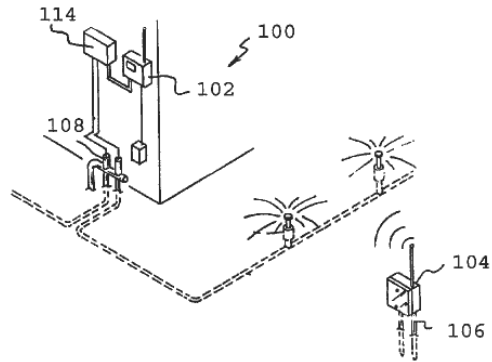
riego a un procesador de computadora para modificar automáticamente un valor de ajuste porcentual. De esta forma se asegura que el sistema de riego modifique automáticamente los programas de riego, basándose en los datos del sensor para conservar agua, y por lo tanto permitir la irrigación durante todo el año de manera efectiva, atendiendo a las variaciones en las condiciones climáticas, y asegurando que se ahorre una cantidad significativa de agua, al tiempo que se mantiene la salud de las plantas en el sitio donde se ejecuta el proceso de irrigación.

La patente [US8650069B2](#) “Irrigation water management system”, solicitada por la empresa Telsco Industries, Inc. (Estados Unidos), describe un sistema de gestión de agua en la irrigación, cuyo método permite determinar la eficiencia operativa del sistema de riego comparando el volumen de agua necesario con el volumen de agua realmente utilizado, para luego enviar los resultados de comparación del sistema de riego a una computadora ubicada remotamente. El método permite la creación de un modelo preciso del agua que se requiere en el proceso de irrigación, simplificando así la evaluación de la eficiencia del sistema, permitiendo que el usuario rastree el costo del agua y ayude a realizar un proceso de irrigación amigable con el medio ambiente.

Otras tecnologías asociadas al control de riego que han sido patentadas recientemente, y que se destacan por apuntar a gestionar la cantidad de agua utilizada en el proceso corresponde a las patentes [WO2017088502A1](#) “Pulse type intelligent agricultural water saving drip irrigation pot micro-irrigation system”, solicitada por la compañía Hubei For Long

Pipe Technology Co. (China), y la patente [US20130269798A1](#) “Programmable intelligent control method of and system for irrigation system”, solicitada por Kevin James Wood (Estados Unidos).

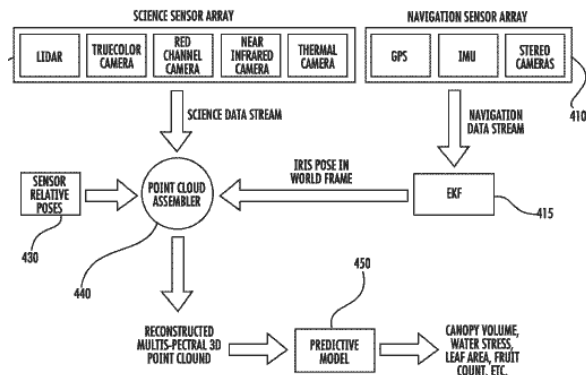
Otra línea que ha sido explorada en el ámbito de Gestión de recursos hídricos corresponde al control de sistemas de irrigación de forma autónoma y/o mediante sistemas inalámbricos, destacándose en este caso la patente [US8812007B2](#) “Control method of wireless irrigation”, solicitada por la empresa Digital Sun, Inc. (Estados Unidos), en donde se describe un método para monitorear y controlar de forma inalámbrica el sistema de distribución de agua en el sitio de riego, que implica la distribución de agua a partir de la información del sensor que se comunica entre nodos. Su ventaja radica en que los nodos inalámbricos se mantienen con bases de tiempo precisas para sincronizar las transmisiones, por lo que se reduce el consumo de energía y se puede mejorar la precisión del sistema al mejorar los tiempos debido a la ejecución de paquetes de sincronización. El ciclo de riego se ajusta en función de la influencia del medio ambiente, por lo que los recursos naturales se pueden utilizar de manera eficiente.



La patente [WO2017070994A1](#) “Intelligent irrigating flowerpot for internet of things and manufacturing method thereof”, solicitada por Liu Zixue (China), describe un sistema inteligente de irrigación basado en Internet de las Cosas. El método permite realizar un proceso automático inteligente de control del sistema y mejorar los cultivos mediante una mayor eficiencia, asegurando así una mejor salud y crecimiento de la plantación en un rango de temperatura dado.

Por otra parte, se destacan también una serie de tecnologías que apuntan a un control integral de los recursos hídricos dentro de una operación agrícola. Tal es el caso de la patente [WO2015154135A1](#) “System for controlling water flow”, solicitada por Cox Anthony Gorden (Australia), en donde se describe un sistema para controlar el flujo de agua, que comprende un receptor configurado para el acoplamiento operacional de un sensor de flujo, que recibe un señal de medición, donde las instrucciones digitales se dirigen al procesador para recibir señales de medición del sensor.

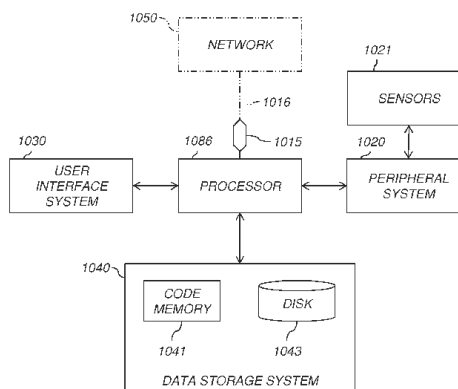
La patente [WO2016123201A1](#) “Systems, devices, and methods for robotic remote sensing for precision agriculture”, solicitada por la Universidad de Pennsylvania (Estados Unidos), donde se describe un método para la detección remota basada en datos para la agricultura de precisión, que implica extraer inteligencia accionable de imágenes tridimensionales de alta



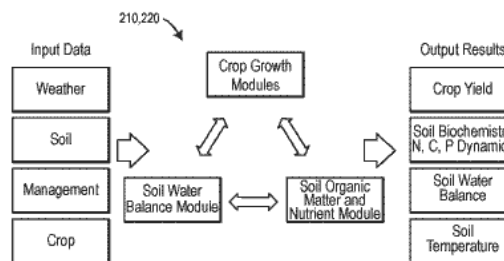
resolución. Esto permite aplicar modelos estadísticos para predecir propiedades de interés, tales como el rendimiento del cultivo, el tamaño del tronco, el volumen del dosel, el estrés hídrico y/o enfermedades de los cultivos. Otras tecnologías asociadas a la gestión integral de los recursos hídricos se observa en las patentes [US9693511B2](#) “Infrastructures for variable rate water distribution systems”, solicitada por la empresa IBM (Estados Unidos) y [US9374950B2](#). “System and methods for monitoring leaf temperature for prediction of plant water status”, solicitada por la Universidad de California (Estados Unidos).

Tecnologías asociadas a especies priorizadas

En relación con las tecnologías identificadas que hacen referencia a algunas de las especies priorizadas, se destaca la patente [US20170311559A1](#) “Moisture management & perennial crop sustainability decision system”, solicitada por Purdue Research Foundation (Estados Unidos), donde se describe un método para mejorar la capacidad de los productores de cultivos para gestionar sus cultivos y recursos hídricos, determinando el contenido de agua volumétrica para un área de suelo y el nivel de variabilidad espacial y temporal dentro del área. El sistema permite generar análisis de tendencias históricas, análisis espaciotemporal y la incorporación de modelos climáticos para una mejor toma de decisiones del manejo del cultivo. Se describe su uso en particular para el cultivo de uvas.



La patente [WO2016090212A1](#) “Methods and systems for precision crop management”, solicitada por la Universidad Estatal de Michigan (Estados Unidos), describe un sistema de gestión de precisión para cultivos, que puede ser implementada en una amplia variedad de cultivos, en particular para árboles frutales y cultivos de uvas. Su ventaja radica en que el modelo de cultivo mejora el manejo de la tierra para la producción sostenible de cultivos al reducir los insumos químicos, aumentar la eficiencia en el uso de los recursos, reducir los costos de fertilización, reducir los costos de riego, mejorar el ciclo de nutrientes y el manejo integrado de plagas.



3.3 Nutrición de cultivo y monitoreo de estados fenológicos

3.3.1 Análisis de la producción científica

En términos de la producción científica, se identificaron un total de 576 publicaciones en el período 2013-2018. En la figura 3.18, desde donde se ha omitido el año 2018 por encontrarse aún curso, se muestra la evolución de la producción, donde se observa un punto alto de producción en el año 2016 con 147 publicaciones científicas.

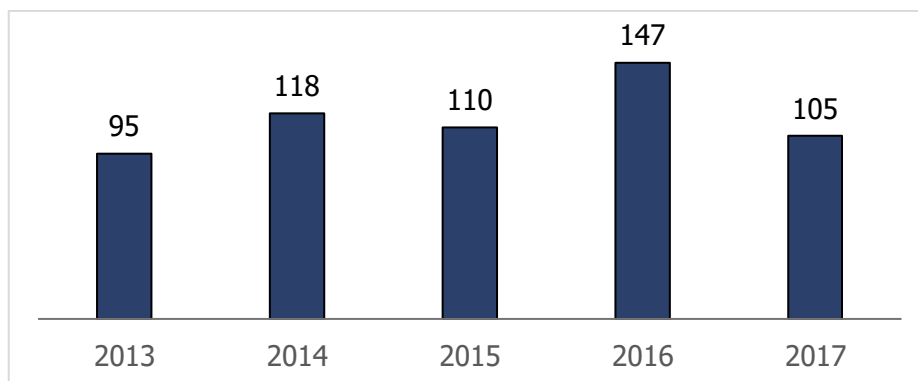


Figura 3.18 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.3.1.1 Países líderes

En el desarrollo de los resultados de investigación intervinieron un total de 77 países, liderados por China, quien aparece en el ranking mundial con 126 publicaciones científicas.

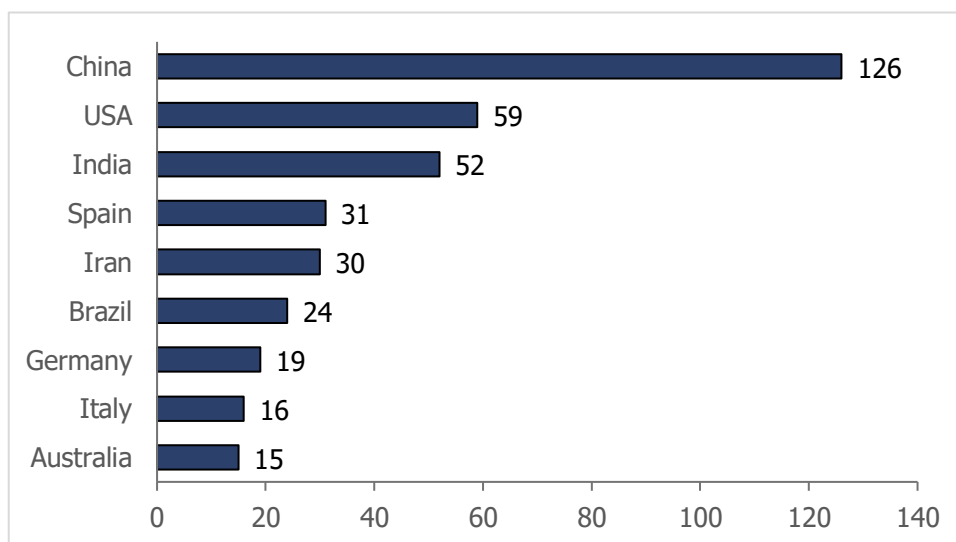


Figura 3.19 Países líderes con 15 o más publicaciones

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.3.1.2 Instituciones líderes

El **Departamento de Agricultura de los Estados Unidos** y la **Northwest A&F University** de China, lideran el ranking de países en cuanto al desarrollo investigaciones referidas a nutrición de cultivos y monitoreo de estados fenológicos.

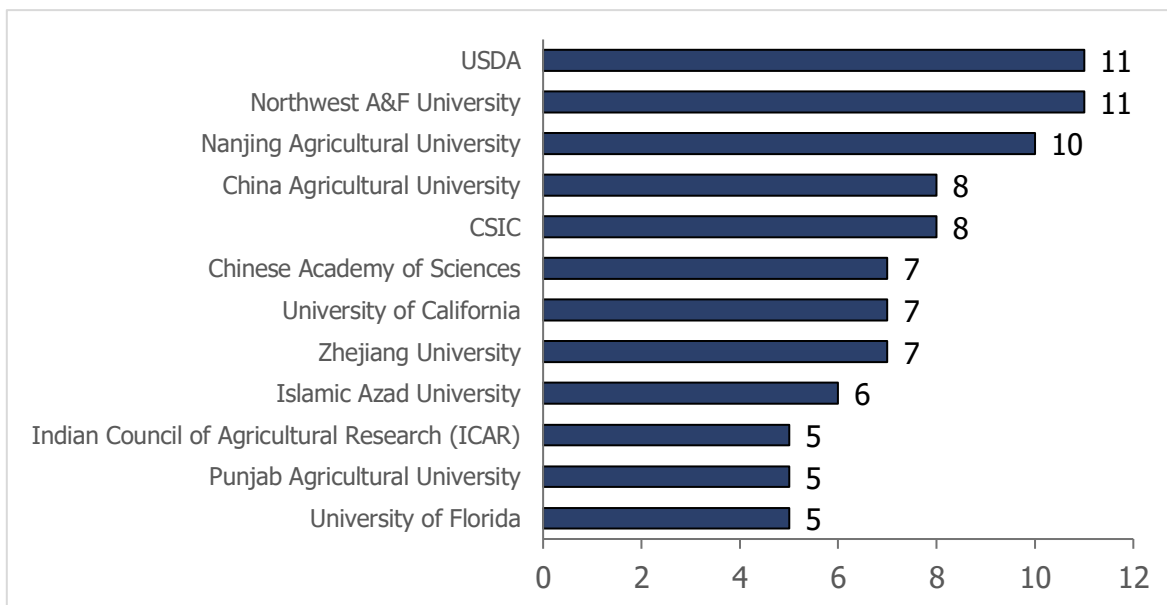


Figura 3.20 Instituciones líderes con 5 o más publicaciones

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Mattheo Analyzer, 2018.

3.3.1.3 Áreas de Investigación

Un balance de los diversos elementos nutricionales es indispensable para que un cultivo alcance su máximo potencial de crecimiento y desarrollo. Este balance implica un suministro equilibrado de nutrientes, el cual se realiza a menudo mediante la aplicación de fertilizantes.

Esto último queda de manifiesto en la figura 3.21, donde se observa que aquellas palabras de mayor prevalencia en las publicaciones científicas en el período 2013-2018 se refieren en gran medida a fertilizantes orgánicos, nitrogenados y de fósforo.



Figura 3.21 Descriptores con mayor frecuencia de aparición
 Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile, 2018.

Sumado a lo anterior, a continuación presenta una publicación científica vinculada a términos clave con una baja frecuencia de aparición:

- **Fertilizantes inteligentes**

Título	In situ monitoring of a controlled release of fertilizers in lettuce crop.
Autor(es)	Souza, C. F.; Faez, R.; Bacalhau, F. B.; Bacarin, M. F.; Pereira, T. S.
Año Publicación	2017
Fuente	Engenharia Agrícola

Agriculture has sought ways to increase food production to meet global demands, intensifying dependence on natural resources. An alternative for intensive production has relied on the use of "smart" fertilizers that release nutrients in a controlled manner. Biodegradable polymers containing fertilizers has presented economic and environmental advantages when applied to the soil, as they release water and nutrients gradually to the environment without leaving residues. The objective of this study was to monitor the behavior of chitosan-clay hybrid microspheres, used as potassium nitrate soil ferti-releaser in lettuce cultivation. The experiment consisted of two treatments: (i) application of ferti-releasing chitosan-clay microspheres and (ii) use of conventional fertilization. Both treatments were monitored with TDR probes to measure electrical conductivity and soil moisture. The results indicate that both moisture and electrical conductivity are higher in soils treated with the ferti-releasing material. In addition, there was a gradual and homogenous release if compared to the conventional fertilization. The statistical analysis showed that the microspheres were efficient mainly for the controlled nitrogen release.

3.3.1.4 Investigaciones asociadas a especies priorizadas

Se han identificado ocho publicaciones científicas vinculadas a las especies priorizadas.

- **Palto**

Título	Lysimetry methods for monitoring soil solution electrical conductivity and nutrient concentration in greenhouse tomato crops
Autor(es)	Cabrera Corral, F. J.; Bonachela Castaño, S.; Fernández Fernández, M. D.; Granados García, M. R.; López Hernández, J. C.
Año Publicación	2016
Fuente	Agricultural Water Management

In intensive agricultural systems, such as Mediterranean greenhouses, monitoring soil nutrient and salt status is essential for optimising vegetable production and minimising soil and water pollution. This work analyses the dynamics of electrical conductivity (ECSS) and nutrient concentration in soil solution collected simultaneously with various zero-tension lysimeters and a suction cup (a tension lysimeter) throughout two greenhouse tomato crops. The ECSS obtained with zero-tension lysimeters (funnel and plate lysimeter) was generally lower than that with the suction cup, irrespective of soil depth. Moreover, the soil solution concentration of potassium, calcium, magnesium, sodium, chloride and sulphate obtained with funnel lysimeter (FullStop™) was generally lower than that with suction cup throughout both cycles, while no clear differences were found for the nitrate concentration at 0.25 m depth in the 2013/14 cycle or at 0.38 m depth in the 2015 one. Overall, it appears that the soil solutions collected with the suction cup and the funnel lysimeter represent different soil solution status and processes. The funnel lysimeter collects freely draining soil solution, and it may therefore provide better information about the movement of elements between soil horizons, whereas the suction cup can sample soil solution from soil pores with longer residence times, especially under unsaturated flow conditions, and might represent better the available element concentrations for plant nutrition studies. The differential response found for nitrate could be due to the fact that it is a very mobile element within the soil. The soil water matric potential was slightly higher in the soil with zero-tension lysimeters throughout most of the 2013/14 cycle, and so these devices might alter soil solution movement and water and nutrient availability. On the other hand, in general, a good fit was found between the soil solution concentration of nitrate, potassium, calcium and sodium measured with a rapid analysis system (Laqua™) and that measured using the reference laboratory method. This rapid system, in combination with the suction cup, can facilitate the farmers' control of soil nutrient and salt status.

- **Cítricos**

Título	Rapid estimation of nutritional elements on citrus leaves by near infrared reflectance spectroscopy
Autor(es)	Galvez-Sola, L.; García-Sánchez, F.; Pérez-Pérez, J. G.; Gimeno, V.; Navarro, J. M.; Moral, R.; Martínez-Nicolás, J. J.; Nieves, M.
Año Publicación	2015
Fuente	Frontiers in Plant Science

Sufficient nutrient application is one of the most important factors in producing quality citrus fruits. One of the main guides in planning citrus fertilizer programs is by directly monitoring the plant nutrient content. However, this requires analysis of a large number of leaf samples using expensive and time-consuming chemical techniques. Over the last 5 years, it has been demonstrated that it is possible to quantitatively estimate certain nutritional elements in citrus leaves by using the spectral reflectance values, obtained by using near infrared reflectance spectroscopy (NIRS). This technique is rapid, non-destructive, cost-effective and environmentally friendly. Therefore, the estimation of macro and micronutrients in citrus leaves by this method would be beneficial in identifying the mineral status of the trees. However, to be used effectively NIRS must be evaluated against the standard techniques across different cultivars. In this study, NIRS spectral analysis, and subsequent nutrient estimations for N, K, Ca, Mg, B, Fe, Cu, Mn, and Zn concentration, were performed using 217 leaf samples from different citrus trees species. Partial least square regression and different pre-processing signal treatments were used to generate the best estimation against the current best practice techniques. It was verified a high proficiency in the estimation of N ($R_v=0.99$) and Ca ($R_v=0.98$) as well as achieving acceptable estimation for K, Mg, Fe, and Zn. However, no successful calibrations were obtained for the estimation of B, Cu, and Mn.

Título	Nutrient-water interaction in Citrus: recent developments
Autor(es)	Shirgure, P. S.; Srivastava, A. K.
Año Publicación	2013
Fuente	Agricultural Advances

Water along with fertilizer use efficiency and commercial citriculture grow in tandem for global trade and tariff. Optimising water and fertilizer requirement through micro-irrigation and fertigation constitute an important component of nutrient-water interaction in citrus. Our past studies involving four treatments, viz., 4 L h⁻¹ dripper (pressure compensating, 4 plant⁻¹), microjet 300 μ m³ (Rayjet, 2 plant⁻¹), micro jet 180 μ m³ (Ejet, 2 plant⁻¹), and basin (ring) irrigation on a Vertic Ustochrept soil showed significantly ($P<0.05$) higher fruit yield (48.23-58.93 kg tree⁻¹) with micro-irrigation systems over basin irrigation (32.30 kg tree⁻¹) with corresponding water use efficiency of 0.194-0.238 t ha⁻¹ cm⁻¹. While long term fertigation studies showed that irrigation at 20% depletion of available water content and fertilizer treatment of 500 g N+140 g P+70 g K tree⁻¹ year⁻¹ (against conventional optimum fertilizer dose of 600 g N+200 g P+100 g K tree⁻¹ year⁻¹) proved to be an optimum irrigation and fertilizer requirement, respectively, with corresponding reduction in water and fertilizer requirement by 40-50% and 30-40%. Combined application of these two treatments produced significantly higher magnitude of fruit yield m⁻³ of canopy (tree efficiency) in addition to higher leaf nutrient composition and fruit quality indices. With the more addition of sensor-based irrigation and automised variable rate application technique coupled with multiple channel delivery systems, the water - and nutrient - use efficiency will play more pivotal role in commercial citriculture, in the wake of escalating cost of both the commodities.

Título	Monitoring Citrus soil moisture and nutrients using an IoT based system
Autor(es)	Zhang XueYan; Zhang JianWu; Li Lin; Zhang YuZhu; Yang GuoCai
Año Publicación	2017
Fuente	Sensors

Chongqing mountain citrus orchard is one of the main origins of Chinese citrus. Its planting terrain is complex and soil parent material is diverse. Currently, the citrus fertilization, irrigation and other management processes still have great blindness. They usually use the same pattern and the same formula rather than considering the orchard terrain features, soil differences, species characteristics and the state of tree growth. With the help of the ZigBee technology, artificial intelligence and decision support technology, this paper has developed the research on the application technology of agricultural Internet of Things for real-time monitoring of citrus soil moisture and nutrients as well as the research on the integration of fertilization and irrigation decision support system. Some achievements were obtained including single-point multi-layer citrus soil temperature and humidity detection wireless sensor nodes and citrus precision fertilization and irrigation management decision support system. They were applied in citrus base in the Three Gorges Reservoir Area. The results showed that the system could help the grower to scientifically fertilize or irrigate, improve the precision operation level of citrus production, reduce the labor cost and reduce the pollution caused by chemical fertilizer.

- **Nueces**

Título	Nutrient cycling in an agroforestry alley cropping system receiving poultry litter or nitrogen fertilizer.
Autor(es)	Sauer, T. J.; Coblenz, W. K.; Thomas, A. L.; Brye, K. R.; Brauer, D. K.; Skinner, J. V.; Brahana, J. van; DeFauw, S. L.; Hays, P. D.; Moffitt, D. C.; Robinson, J. L.; James, T. A.; Hickie, K. A.
Año Publicación	2015
Fuente	Nutrient Cycling in Agroecosystems

Optimal utilization of animal manures as a plant nutrient source should also prevent adverse impacts on water quality. The objective of this study was to evaluate long-term poultry litter and N fertilizer application on nutrient cycling following establishment of an alley cropping system with eastern black walnut (*Juglans nigra* L.), pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch], and northern red oak (*Quercus rubra* L.) trees and orchardgrass (*Dactylis glomerata* L.). One half of a 4.25-ha site in northwestern Arkansas USA received broadcast applications of 3.9-6.7 Mg ha⁻¹ fresh poultry litter and the other half 50-76 kg ha⁻¹ N as NH₄NO₃ fertilizer each spring from 2001 to 2008. Macronutrient (N, P, K, Ca, Mg, and S) and micronutrient (Na, Fe, Mn, Zn, and Cu) concentrations in soil, forage, and tree leaf tissue were monitored along with NO₃-N in soil water and groundwater. Poultry litter application resulted in significantly increased concentrations of each macronutrient except S with increases from 6.3 (N) to 121% (P). Nitrogen fertilizer application resulted in decreased concentrations from 2.1 (N) to 60.9% (S) for all macronutrients except Ca. Patterns of nutrient content in forage and tree leaf tissue did not generally follow patterns of soil nutrient concentrations suggesting nutrient sufficiency in most years and that climate and plant growth had a greater effect on nutrient uptake. Soil P with litter application increased 41.3 mg kg⁻¹ over 7 years (from 34.1 to 75.4), which may necessitate a lower litter application rate to avoid excessive P runoff.

Título	Spectral characteristic parameter-based models for foliar nitrogen concentration estimation of Juglans regia.
Autor(es)	Hu ZhenZhu; Pan CunDe; Xiao Bing; Pan Xin
Año Publicación	2015
Fuente	Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering

With the establishment of the models based on spectral characteristic parameter for estimating foliar nitrogen concentrations of Juglans regia 'Xinwen 185', this paper aimed to explore spectral technical approaches to rapidly monitoring the foliar N nutritional status of Juglans regia 'Xinwen 185'. Based on the field experiment of fertilizer efficiency, the foliar spectral reflectance and N concentrations of the foliar samples under different amounts of N fertilizer, which were applied in the fruit setting period, the fruit rapid-growth period, the fruit fat-change period and the fruit near-mature period, were measured separately with Unispec-SC and chemical analysis in the laboratory. The Pearson correlation analysis of the foliar spectral reflectance and foliar N element concentrations was done in the 4 phenological periods of fruit development, and the spectral characteristic parameters highly significantly correlated with the foliar spectral reflectance and foliar N element concentration were selected. Finally, the spectral characteristic parameter estimating models of the foliar N element concentration were established by employing regression analysis, with the adopted functions including power function, exponential function, semi-log function, linear function, quadratic function and cubic function, and then the independent sample was used to test the precision of the models, of which the one with the highest fitting degree was screened out. The results indicated that the spectral characteristic parameters, highly significantly correlated with the foliar N element concentration ($P < 0.01$), were reflectance of the green peak position and ratio of red index in fruit setting period, yellow edge position, red valley position, ratio of green index, ratio of red index, normalized difference of green index and normalized difference of red index in the fruit fast-growing period, reflectance of the green peak position and ratio of red index in the fruit fat-change period, and reflectance of the green peak position, the spectra slope of yellow edge and red edge area in the fruit near-mature period. Moreover, the absolute values of the correlation coefficient were all greater than 0.96 in the 4 phenological periods of fruit development. Through cubic function analysis with the reflectance of the green peak position, yellow edge position, ratio of red index and the spectra slope of yellow edge as independent variables, the regression estimation models of the foliar N element concentration in the 4 phenological periods of fruit development were established respectively, and their fitting degrees R^2 were all above 0.99. In addition, the predicted values for foliar N concentration of Juglans regia 'Xinwen185' were relatively close to measured values, and all the models were examined by the confidence ellipse test; and RMSE and the relative errors (RE) of the independent sample tests were only 0.4533 g/kg and 0.4403%, 0.7716 g/kg and -0.3390%, 0.8793 g/kg and -0.3201%, 0.8145 g/kg and -0.1229% separately in the 4 phenological periods of fruit development. The models showed their significant stability and high estimation accuracy. The findings in this paper manifested that it was feasible to monitor foliar N nutritional levels of Juglans regia 'Xinwen 185' in the 4 phenological periods of fruit development by establishing spectral characteristic parameter models of foliar N element concentration estimation. Spectrum technology possesses great application potential in monitoring N element nutritional status of Juglans regia 'Xinwen 185'.

- **Cultivos de uva**

Título	Differential vineyard fertilizer management based on nutrient's spatio-temporal variability.
Autor(es)	Serrano, J.; Silva, J. M. da; Shahidian, S.; Silva, L. L.; Sousa, A.; Baptista, F.
Año Publicación	2017
Fuente	Journal of Soil Science and Plant Nutrition

Conventionally, vineyard fertilizer management has been based on information from composite soil samples and no account has been taken of the existing spatial variability in soil fertility. This study presents a quantitative analysis of soil phosphorus (P₂O₅) and potassium (K₂O) content as well as pH carried out in an 80 ha vineyard, during 2011 and 2013 in order to identify their spatial variability and temporal stability. Additionally a quantitative analysis of plant P₂O₅ and K₂O content was carried out in 2013 with the objective of evaluating the spatial variability of plant nutrients. In 2013 a contact sensor was used to survey soil apparent electrical conductivity (ECa) and an active optical sensor was used to measure the plant Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). The results showed a low potential for implementing site-specific management of phosphorus fertilizer but an interesting potential for implementing site-specific management of potassium fertilizer and pH correction. The concentration of P₂O₅ and K₂O in the plant showed a CV<30%, with adequate values in almost the entire area of the field, in contrast to the concentration of these main macronutrients in the topsoil. These results show that for differential nutrient management of vineyards, plant nutrient concentration is a more stable tool than soil nutrients concentration. The ECa and the NDVI presented weak correlations with soil and plant concentration of, respectively, P₂O₅ and K₂O, which shows that further development of vegetation operational sensors is needed to support decision making in the vineyard fertilization management.

Título	Leaf blade and petiole nutritional evolution and variability throughout the crop season for <i>Vitis vinifera</i> L. cv. Graciano
Autor(es)	Dominguez, N.; García-Escudero, E.; Romero, I.; Benito, A.; Martín, I.
Año Publicación	2015
Fuente	Spanish Journal of Agricultural Research

An adequate nutritional state of a crop can be kept by means of a well-designed fertilization plan based on the assessment of the nutrient availability throughout the growing season. The objective of this study was to determine the reliability of leaf blade and petiole diagnosis and the period of validity of their references at both flowering and veraison by means of systematic monitoring throughout the complete growing season. The study was carried out in two plots planted with *Vitis vinifera* L. cv. Graciano within the AOC Rioja (Spain). Blades and petioles were collected throughout a growing season (2006) and total N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu and B concentrations were analyzed in both tissues. Results suggest, in general, that petioles have higher variability and lower analysis reproducibility than blades. Therefore, blade could be a more appropriate tissue to evaluate N, P, K, Ca, and Mg at both flowering and veraison in this variety. Micronutrients in blade and petiole showed different variability behaviour in each of the vineyards studied, therefore, based on our results, it was difficult to determine which one could be the best tissue for the nutritional diagnosis of the 'Graciano' variety. Seasonal changes of nutrient

concentration in both tissues also confirmed the need for reference values for each tissue and each phenological stage.

3.3.2 Análisis de la producción tecnológica

A partir de 958 documentos de patentes identificados, se observa que el nivel de patentamiento en el ámbito Nutrición de cultivos y monitoreo de estados fenológicos creció de forma sostenida durante los últimos 5 años, pasando de 123 documentos de patentes (solicitadas y concedidas) en 2013, a 246 documentos de patentes en 2017.

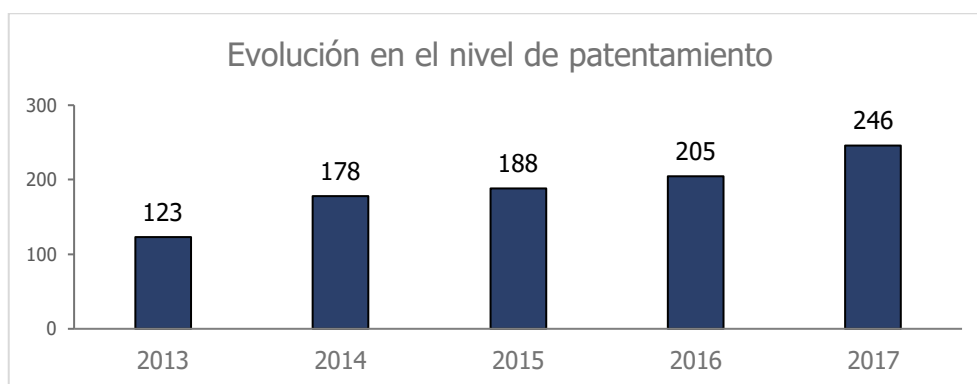


Figura 3.22 Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Nutrición de cultivos y monitoreo de estados fenológicos, en el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

Esta tendencia creciente se observa tanto para las patentes solicitadas como las concedidas. Sin embargo, el crecimiento experimentado por las nuevas solicitudes entre 2013 y 2017 alcanzó un 112%, lo cual es significativamente mayor al crecimiento observado en la cantidad de patentes concedidas, que alcanzó un 70% durante el mismo período.

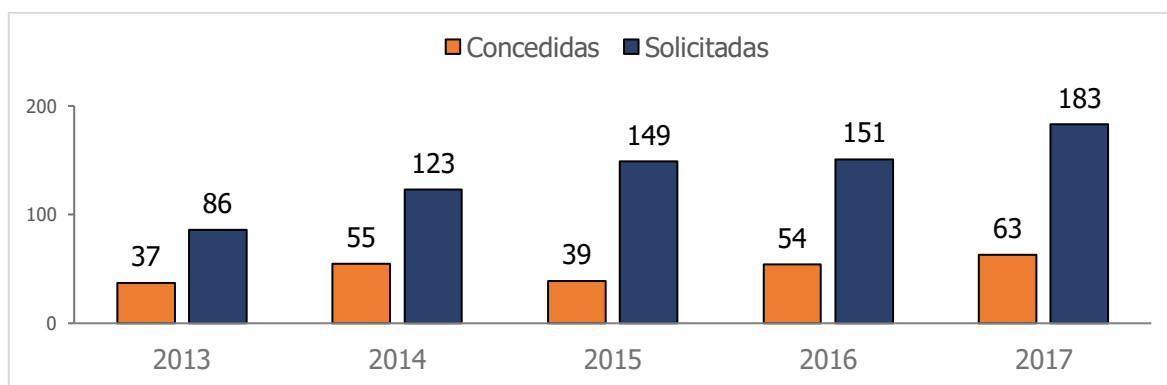


Figura 3.23 Evolución en el nivel de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Nutrición de cultivos y monitoreo de estados fenológicos, en el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.3.2.1 Países líderes

Estados Unidos lidera el desarrollo de nuevas tecnologías en este ámbito, concentrando el 53% del total de documentos de patentes identificados para el período 2013-2018. Otros países que se destacan por su alto volumen de nuevos desarrollos en el área son Canadá, Alemania, China e Israel.

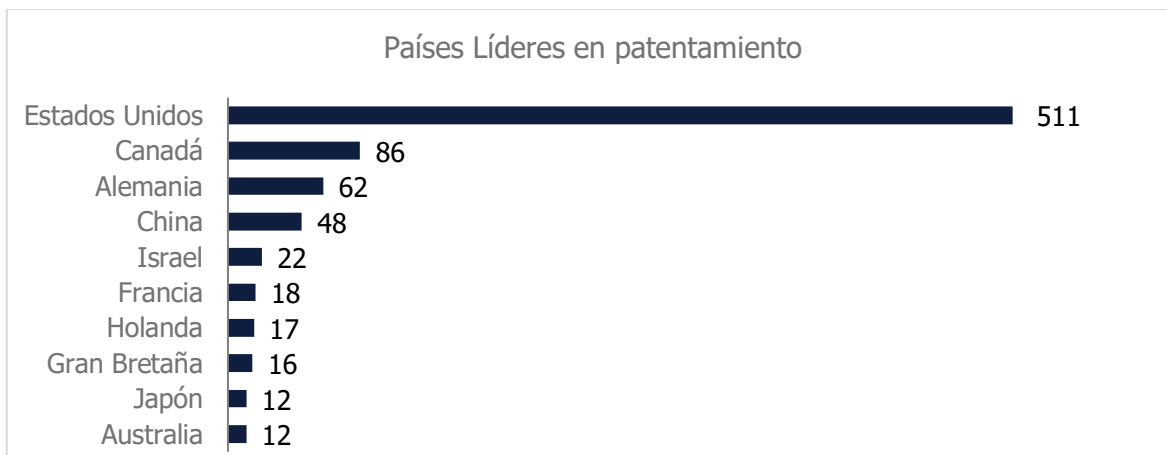


Figura 3.24 Países líderes en patentamiento en el ámbito Nutrición de cultivos y monitoreo de estados fenológicos, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.3.2.2 Instituciones líderes

Dentro de las instituciones líderes en patentamiento para este ámbito de interés se destaca a las empresas Deere & Co. y CNH Industria, con 35 y 34 documentos de patentes respectivamente durante el período 2013 - 2018.

Se destacan también empresas que desarrollan soluciones automatización y agricultura inteligente, como es el caso de las compañías Trimble Navigation Ltd., Rowbot Systems LLC e IBM. La siguiente figura muestra las empresas líderes en patentamiento en este ámbito para el período 2013 - 2018.



Figura 3.25 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Nutrición de cultivos y monitoreo de estados fenológicos, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.3.2.3 Áreas tecnológicas más patentadas

La tabla 3.3 contiene el listado de los códigos CIP más patentados entre los años 2013 y 2018 para el ámbito Nutrición de cultivo y monitoreo de estados fenológicos, junto con la descripción de cada uno de ellos. Además, se indica la frecuencia de aparición, es decir, la cantidad de documentos de patentes que contienen dicho código en relación a los 958 documentos de patentes identificados en este ámbito.

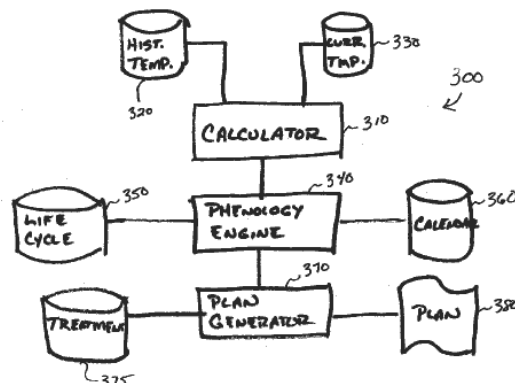
Tabla 3.3 Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Nutrición de cultivos y monitoreo de estados fenológicos, en el período 2013-2018.

Código CIP	Descripción	Cantidad de patentes
A01C002100	Métodos de fertilización.	93
A01B007900	Métodos para trabajar la tierra.	68
A01C002300	Dispositivos distribuidores especialmente preparados para el rociado del agua de estiércol o de otros fertilizantes líquidos incluido el amoníaco, p. ej. depósitos de transporte, vehículos regadores	53
A01C000720	Elementos de sembradoras para guiar y depositar los granos.	48
A01M000700	Adaptaciones o disposiciones especiales de los aparatos de pulverización de líquidos.	47
A01G000700	Botánica en general.	47
A01C000708	Sembradoras a voleo; Sembradoras en líneas	46
A01G003102	Cultivo hidropónico; Cultivo sin tierra. Aparatos especiales a este efecto.	42

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

Tecnologías asociadas a los códigos CIP más patentados

Con respecto a las tecnologías que se clasifican en los códigos CIP más patentados en el ámbito Nutrición de cultivo y monitoreo de estados fenológicos, para el período 2013 - 2018, se destaca la patente [US20170042097A1](#) “Phenology-based plant care system”, solicitada por la empresa The Davey Tree Expert Company (Estados Unidos), donde se describe un método implementado por computadora para realizar actividades de nutrición para cultivos, mediante la utilización de sistemas basados en fenología, para planificar la atención de salud del cultivo. Su ventaja radica en que el método asegura que un usuario se pueda comunicar con el motor de planificación a través de la red, donde el cliente puede ser una aplicación de software dedicada que se ejecuta en un dispositivo de computación móvil, como un teléfono inteligente o tableta, o puede ser una interfaz web que se muestra con un navegador web que se ejecuta en un dispositivo informático móvil, una computadora portátil o una computadora de escritorio.



La patente [US20170351790A1](#) “Data assimilation for calculating computer-based models of crop growth”, solicitada por la empresa Climate Corporation (Estados Unidos), describe un método implementado por computadora para combinar datos de fenología de cultivos agrícolas observados, con un modelo de datos o algoritmo implementado por computadora. El método implica almacenar el modelo histórico de crecimiento de cultivos de semillas híbridas, medidas desde los campos durante períodos particulares de tiempo, en la memoria digital de un sistema informático, donde el modelo histórico de crecimiento de cultivos comprende múltiples valores y expresiones que definen transformaciones o relaciones entre los valores y producen uno o más conjuntos de estimaciones del umbral de etapa de crecimiento histórico para una o más semillas híbridas medidas a partir de uno o más campos.

La patente [WO2016186523A1](#) “Plant matter sensor”, solicitada por la empresa C-Dax Ltd. (Nueva Zelanda), describe un sensor para medir cantidad y calidad de materia vegetal. El sistema es de alta velocidad y sirve para sistemas agrícolas de gran escala. Mide el contenido proteico, la biomasa, la fibra detergente neutra y el contenido de humedad, datos que se pueden utilizar para mejorar el manejo del predio o del riego.

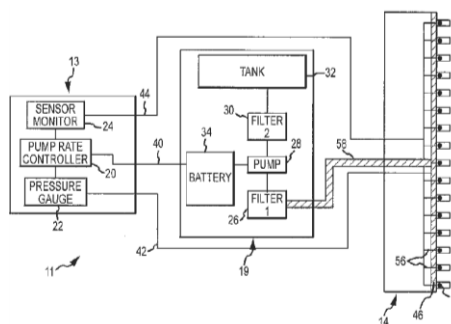
La patente [WO2017040485A1](#) “Foliar feeding formulation and methods of use”, solicitada por Tyree Lucas (Estados Unidos), describe un método para nutrir una planta de vegetales frondosos a través de su follaje, que involucra la aplicación de una formulación alimenticia que comprende un complemento completo de los nutrientes minerales requeridos nutricionalmente de la planta. Este sistema de crecimiento hidropónico, reduce la infraestructura, monitoreo y mantenimiento, utiliza agua, pesticidas y fertilizantes de manera más eficiente, requiere tierra mínima, permite una absorción constante de

nutrientes y permite un mayor crecimiento de la planta en menos tiempo y de manera rentable en comparación con los sistemas hidropónicos tradicionales.

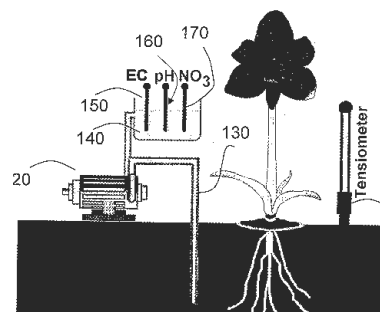
Otras tecnologías destacadas, que se asocian con métodos y sistemas para hacer más eficiente los procesos de crecimiento de los cultivos corresponden a las patentes [US8528834B2](#) “Plant growing system using external data and having sensors associated with plants”, solicitada por Skinner Paul W (Estados Unidos), la patente [US20140007945A1](#) “Liquid level control device for improving growing conditions of plant”, solicitada por Fah Ah Ngau (Australia), la patente [US9464283B2](#) “Signaling compositions, methods, and systems for effecting plant growth and crop enhancement”, solicitada por KamTec LLC (Estados Unidos), y la patente [EP2939247A1](#) “Agricultural input performance exploration system”, solicitada por la empresa Pioneer Hi Bred International (Estados Unidos).

En relación con métodos y sistemas para la fertilización de cultivos, se destaca la patente [WO2013116706A3](#) “Systems and methods for supporting fertilizer decisions”, solicitada por Trevino Ramiro (Estados Unidos), describe un sistema para apoyar la decisión de fertilización en un campo agrícola, que posee un generador de salida que se comunica con un motor de análisis para permitir que el usuario se comuniquen con la característica de fertilizante comparada y los datos de rendimiento. Así, la monitorización de la aplicación de fertilizante líquido y el rendimiento pueden mejorarse, respectivamente. Además, se pueden reducir las pérdidas asociadas al mal uso de fertilizante.

La patente [US20130008361A1](#) “Liquid fertilizer sensor system”, solicitada por la empresa Schaffert MFG Company Inc. (Estados Unidos), describe un aparato de fertilización líquida para fertilizar áreas grandes, incluyendo surcos, que posee sensor para monitoreo, en comunicación con sensores entre los surcos y el paso de fluido, que muestra la característica del fluido medida por cada sensor. La característica del fluido medida por cada sensor se muestra en la pantalla de usuario del monitor en la cabina del tractor, indicando al operador la cantidad de fertilizante descargado y permitiendo al operador determinar el tipo de ajustes que pueden ser necesarios en el aparato de fertilización.



La patente [EP2238427A4](#) “Water and fertilizer management system”, solicitada por la empresa Autoagronom Israel Ltd. (Israel), describe una unidad de monitoreo para un sistema de manejo de agua y fertilizante, el que posee un sensor que está adaptado para detectar directamente los parámetros relacionados con las condiciones del suelo y para transferir los parámetros a la base de datos. El manejo automático de agua y fertilizante se realiza en función de las necesidades reales inmediatas de las plantas, por lo tanto funciona como un sistema en tiempo real.



Tecnologías asociadas a especies priorizadas

En relación con las tecnologías identificadas en el ámbito Nutrición de cultivo y monitoreo de estados fenológicos, que hacen referencia a algunas de las especies priorizadas, se destaca la patente [US9119352B1](#) “Ground cover bladder and fertilizer cartridge”, solicitada por Charles Bettini (Estados Unidos), y que describe un dispositivo de control de para árboles, como por ejemplo para cultivos de uvas. La patente [US8528834B2](#) “Plant growing system using external data and having sensors associated with plants”, solicitada por Paul Skinner W. (Estados Unidos), describe un conducto para dispensar líquidos como fertilizantes, insecticidas y/o agua para cultivos, que posee varias salidas espaciadas a intervalos regulares de modo que cada salida transporta fertilizante, agua y/o insecticida en los canales respectivos. Se describe su uso para una amplia diversidad de cultivos, sin embargo, se reivindica de forma particular su uso para cultivos de uvas.

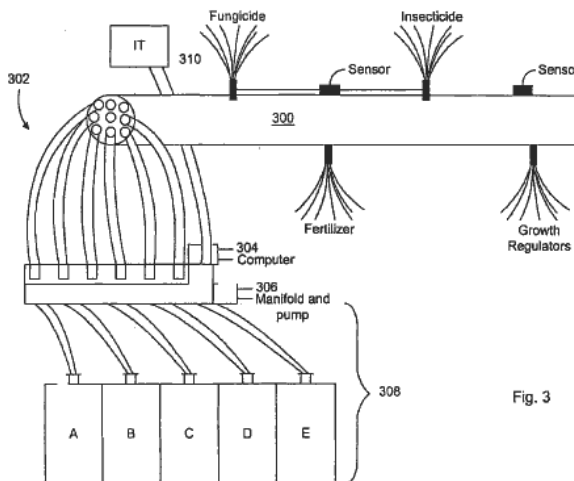
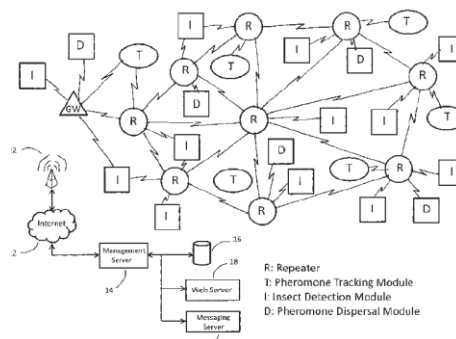


Fig. 3

La patente [US20150351336A1](#) “Monitoring and Control Systems for the Agricultural Industry”, solicitada por Gilbert Michael (Canadá), describe un sistema de monitoreo y control para un operación agrícola, que se caracteriza por una red inalámbrica que tiene repetidores montados sobre el dosel del cultivo, en particular para cultivos de uvas, que actúan como enrutadores utilizados para transportar datos y comandos hacia y desde el sistema de seguimiento.



3.4 Manejo y control de plagas y enfermedades

3.4.1 Análisis de la producción científica

En términos del manejo y control de plagas y enfermedades, se identificaron 914 publicaciones científicas en el período 2013-2018, las cuales se distribuyen de manera decreciente en el tiempo, lo cual puede dar indicios de un interés menos asiduo en el desarrollo de tecnologías de información y comunicación en este ámbito.

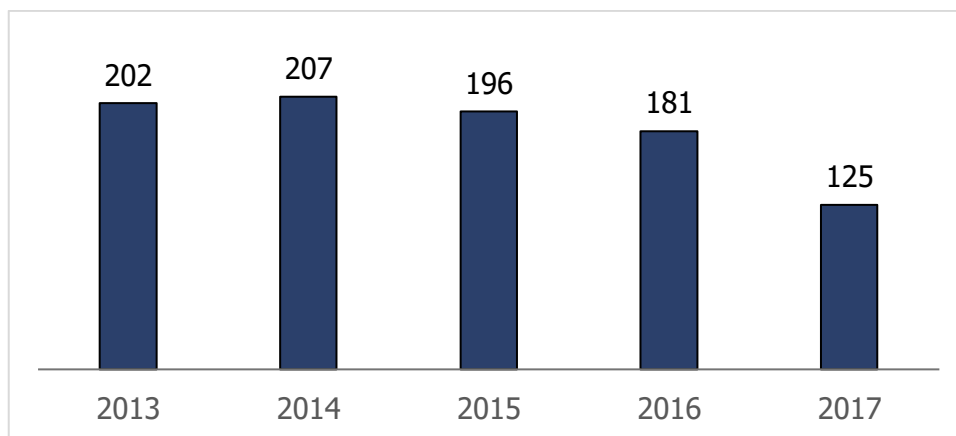


Figura 3.26 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.⁹

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.4.1.1 Países líderes

El desarrollo científico llevado a cabo entre el año 2013 y 2018, ha venido de la mano de 83 países, liderados por Estados Unidos quien aparece en el panorama mundial con 118 publicaciones. Le sigue, en segundo lugar, Italia con 84 publicaciones, y a diferencia de otras líneas de interés analizadas, China aparece recién en el tercer lugar con 77 publicaciones científicas.

⁹ Se omite el año 2018 por encontrarse aún en curso. Para lo que va del año se han identificado 3 publicaciones.

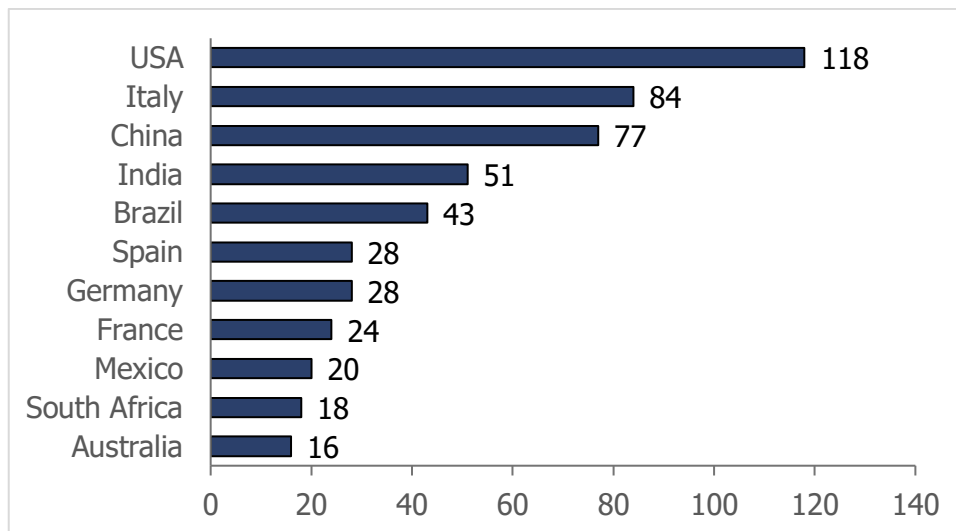


Figura 3.27 Países líderes con 16 o más publicaciones

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

En la figura anterior, Brasil aparece en quinta posición con 43 publicaciones, siendo el líder de la Región Centro Sudamericana en los ámbitos de investigación vinculados a la línea manejo y control de plagas y enfermedades. En región, le siguen en el ranking países tales como México, Argentina, Ecuador, Uruguay, Chile y Colombia.

3.4.1.2 Instituciones líderes

En correspondencia con el liderazgo de países, en la figura 3.28 se observa que la entidad líder corresponde al Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (**USDA**), con 23 publicaciones científicas. Le siguen al USDA, además de instituciones tan prestigiosas como la Universidad de California y la Universidad de Florida, los centros de investigación como el INRA y CSIC, cada uno con 8 publicaciones científicas.

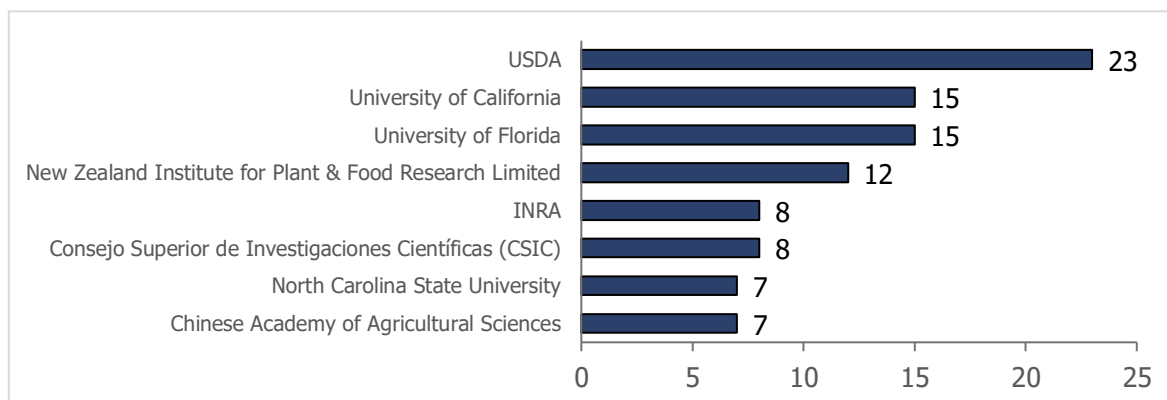


Figura 3.28 Instituciones líderes con 7 o más publicaciones

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.4.1.3 Áreas de Investigación

Se realizó el análisis de las palabras clave de mayor prevalencia en las publicaciones científicas, en el periodo 2013 – 2018, donde se pudo apreciar que los conceptos se vinculan mayoritariamente con las *Plant Pests*, *insect pests*, *plant pathogens*, y *plant diseases*, y *monitoring*. Todo esto viene a confirmar la pertinencia de los resultados obtenidos en el ámbito de interés.

Omitiendo estas palabras de la gráfica, en la figura 3.29 se aprecia que los trabajos de investigación vinculados a manejo y control de plagas y enfermedades, se han vinculado a mecanismos de control químico y biológico (biocontrol), por ejemplo fungicidas, insecticidas, pesticidas y agentes de biocontrol.

En Línea con lo anterior, también se observan términos relacionados con agricultura ecológica u orgánica, la cual corresponde a un sistema de cultivo basado en la utilización óptima de los recursos naturales, sin utilizar productos químicos u organismos genéticamente modificados, ni para abono ni para combatir las plagas.



Figura 3.29 Descriptores con mayor frecuencia de aparición

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile, 2018.

Dentro de los análisis, los términos más frecuentes no necesariamente son los más novedosos. Precisamente una baja frecuencia de aparición podría ser un tema emergente y representar áreas de trabajo futuro para determinados grupos de investigación, siendo aconsejable identificarlos ante una posible consolidación en el tiempo. En el ámbito del manejo y control de plagas y enfermedades, el análisis de temas incipientes arroja los resultados que se presentan a continuación:

- **Trampa de monitoreo automático**

Título	Development of an automatic monitoring trap for Mediterranean fruit fly (<i>Ceratitis capitata</i>) to optimize control applications frequency
Autor(es)	Goldshtein, E.; Cohen, Y.; Hetzroni, A.; Gazit, Y.; Timar, D.; Rosenfeld, L.; Grinshpon, Y.; Hoffman, A.; Mizrach, A.;
Año Publicación	2017
Fuente	Computers and Electronics in Agriculture

Continuous monitoring of population fluctuations is important to improve the control of economic pests. The Mediterranean fruit fly [medfly; *Ceratitis capitata* (Wiedemann)] is a major economic pest of fruit crops worldwide, particularly in the Middle East. The current medfly weekly monitoring method, manual counting, results in a suboptimal spraying frequency in citrus orchards. This paper describes the development of an automatic trap for sequential medfly remote monitoring. To our knowledge, it is the first automatic trap developed for medfly monitoring. A new cylinder-shaped trap was designed, and optical sensors specifically created for detecting and counting dead or stunted Medflies were embedded in it. Field tests were conducted to estimate the trapping efficiency, accuracy and over-counting of the medfly Automatic Traps (medfly-ATs). medfly-ATs and Steiner traps were placed in commercial citrus orchards over five different periods between the years 2013 and 2015. The medfly-AT and conventional Steiner trap were found to have similar trapping efficiencies under field conditions. The accuracy of the medfly-AT counts ranged between 88% and 100%; the absolute over-counting in all experimental sites and periods was three flies. Over-counting was mostly due to ants and rain. The paper discusses the importance of field tests in evaluating the performance of automatic traps. Results of an informal experiment conducted in a commercial orchard showed that daily monitoring using the medfly-AT device holds promise for reducing insecticide applications, but extensive in-field experiments should be conducted to prove it.

Título	Remote monitoring of the <i>Bactrocera oleae</i> (Gmelin) (Diptera: Tephritidae) population using an automated McPhail trap.
Autor(es)	Doitsidis, L.; Fouskitakis, G. N.; Varikou, K. N.; Rigakis, I. I.; Chatzichristofis, S. A.; Papafilippaki, A. K.; Birouraki, A. E.
Año Publicación	2017
Fuente	

Remote pest population monitoring is of major importance within the context of precision agriculture. Information acquired from the field has been proved essential for proper decision making and pest management against various cultivation threats. *Bactrocera oleae* (Gmelin) consists the major pest for olive orchards. The key factor for a successful pest management is the on-time, accurate, valid and unbiased pest population monitoring. In this paper, a novel automated McPhail e-trap is presented. It is based on a custom electronic design capable of capturing pictures from its interior thus providing real-time information from the field. The pictures are easily accessible from a tailor-made web-based system which provides to the expert entomologists the capability to remotely assess the potential threat at any time and rate, thus neglecting the need for visiting and collecting data on site. The web-based system also supports automatic insect counting. The proposed system has been tested in real in-field conditions for an extensive period of time. The results of the study indicated its robustness and reliability. The attractiveness of the automated trap is comparable with that of the traditional reference glass-type McPhail trap, while the automatic insect counting technique offers an accuracy of almost 75%.

- **Tratamiento térmico**

Título	Heating characteristics and field control effect of rapid citrus Huanglongbing steam heat treatment.
Autor(es)	Jia ZhiCheng; Ehsani Reza; Zheng JiaQiang; Xu LinYun; Zhou HongPing; Ding Rui
Año Publicación	2017
Fuente	Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering

The citrus Huanglongbing (HLB), caused by the bacterium limited in the phloem, *Candidatus Liberibacter spp*, is a highly destructive citrus disease for the worldwide citrus industry. Until now, the field thermotherapy has showed effect in HLB control. However, all sorts of thermotherapies only focus on the canopy temperature without considering the inner bark or phloem temperature. In this study, indoor and field steam treatment system consists of enclosure, circumstance temperature monitoring system, outer and inner bark temperature testing system. Temperature distribution of outer and inner bark when heating up with different steam supplying pressure and heat preserving time showed that: (1) For the 1-year-old plants, the 65°C was the deadly outer temperature limit. The confirmation of deadly outer bark temperature was the most important in field heat treatment. Based on the inner bark temperature increasing effect, the outer temperature of 60°C was better than lower temperature for inner bark temperature increasing. For achieving the higher outer temperature, more heating time is needed, which allows more heat transfer from the outer to inner bark. For the 9-year-old plants, the 60°C was the better outer temperature without obvious heat damage to the plants. (2) For effective control of HLB, the inner bark temperature was more important than the outer bark temperature. The heat preserving time following steam treatment is beneficial for inner bark temperature increasing. The preserving temperature increase from the treatment with higher transfer pressure was higher than lower pressure. However, based on the total heating effect of inner bark, comprehensively considering the temperature increase from treatment and the following heat preserving, the lower pressure was the better choice. (3) For the 9-year plants, after field heat treatment with the 60°C-0.03 MPa-30 s, the results of quantitative polymerase chain reaction (qPCR) after treatment showed significant change in the 'Ca. L. asiaticus' bacterial titer, combined with vigorous growth from all 4 treated infected trees. The qPCR testing also confirmed that 2 previously infected plants with heat treatment showed no detectable levels of 'Ca. L. asiaticus', while untreated infected plants remained highly infected. (4) Based on the steam treatment, it was concluded that the procedure should be as follows: Based on the inner bark temperature increase, first of all, confirm the deadly outer temperature of the specific plant; then, compare the heating effect with different combination of the steam supplying pressure and the following heat preserving time. As a conclusion, from the view of heat transfer, the best steam treatment parameters should be determined based on the analysis of inner bark temperature increase.

- **Imágenes fluorescentes multicolores**

Título	Use of multicolour fluorescence imaging for diagnosis of bacterial and fungal infection on zucchini by implementing machine learning.
Autor(es)	Pineda, M.; Pérez-Bueno, M. L.; Paredes, V.; Barón, M.
Año Publicación	2017
Fuente	Functional Plant Biology

Zucchini (*Cucurbita pepo* L.) is a cucurbitaceous plant ranking high in economic importance among vegetable crops worldwide. Pathogen infections cause alterations in plants primary and secondary metabolism that lead to a significant decrease in crop quality and yield. Such changes can be monitored by remote and proximal sensing, providing spatial and temporal information about the infection process. Remote sensing can also provide specific signatures of disease that could be used in phenotyping and to detect a pest, forecast its evolution and predict crop yield. In this work, metabolic changes triggered by soft rot (caused by *Dickeya dadantii*) and powdery mildew (caused by *Podosphaera fusca*) on zucchini leaves have been studied by multicolour fluorescence imaging and by thermography. The fluorescence parameter F520/F680 showed statistically significant differences between infected (with *D. dadantii* or *P. fusca*) and mock-control leaves during the whole period of study. Artificial neural networks, logistic regression analyses and support vector machines trained with a set of features characterising the histograms of F520/F680 images could be used as classifiers, discriminating between healthy and infected leaves. These results show the applicability of multicolour fluorescence imaging on plant phenotyping.

3.4.1.4 Investigaciones asociadas a especies priorizadas

Se han identificado 11 investigaciones vinculadas a las especies priorizadas, siendo los cítricos y el cultivo de uva las especies que tienen asociado un mayor número de publicaciones científicas. Es importante señalar que no todos los resultados vinculados a un cultivo de uva mencionan explícitamente a la uva de mesa.

- **Palto**

Título	Detection and differentiation between laurel wilt disease, phytophthora disease, and salinity damage using a hyperspectral sensing technique
Autor(es)	Abdulridha, J.; Ehsani, R.; Castro, A. de
Año Publicación	2016
Fuente	Agriculture

Laurel wilt (Lw) is a fatal disease. It is a vascular pathogen and is considered a major threat to the avocado industry in Florida. Many of the symptoms of Lw resemble those that are caused by other diseases or stress factors. In this study, the best wavelengths with which to discriminate plants affected by Lw from stress factors were determined and classified. Visible-near infrared (400-950 nm) spectral data from healthy trees and those with Lw, *Phytophthora*, or salinity damage were collected using a handheld spectroradiometer. The total number of wavelengths was averaged in two ranges: 10 nm and 40 nm. Three classification methods, stepwise discriminant (STEPDISC) analysis, multilayer perceptron (MLP), and radial basis function (RBF), were applied in the early stage of Lw infestation. The classification results obtained for MLP, with percent accuracy of classification as high as 98% were better than STEPDISC and RBF. The MLP neural network selected certain wavelengths that were crucial for correctly classifying healthy trees from those with stress trees. The results showed that there were sufficient spectral differences between laurel wilt, healthy trees, and trees that have other diseases; therefore, a remote sensing technique could diagnose Lw in the early stage of infestation.

- **Cítricos**

Título	Detection of citrus Huanglongbing based on image feature extraction and two-stage BPNN modeling
Autor(es)	Deng XiaoLing; Lan YuBin; Xing XiaQiong; Mei HuiLan; Liu JiaKai; Hong TianSheng
Año Publicación	2016
Fuente	International Journal of Agricultural and Biological Engineering

Citrus Huanglongbing (HLB), which is spread by the citrus psyllid, is the most destructive disease of citrus industry. While no effective cure for the disease has been reported, detection and removal of infected trees can prevent spreading. Symptoms indicative of HLB can be present in both HLB-positive trees and HLB-negative trees, making identification of infected trees difficult. A detection method for citrus HLB based on image feature extraction and two-stage back propagation neural network (BPNN) modeling was investigated in this research. The identification method for eight different classes including healthy, HLB and non-HLB symptoms was studied. Thirty-four statistical features including color and texture were extracted for each leaf sample, following the two-stage BPNN to model and identify HLB-positive leaves from HLB-negative leaves. The discrimination accuracy can reach approximately 92% which shows that this method based on visual image processing can perform well in detecting citrus HLB.

Título	Monitoring Citrus tristeza virus (CTV) in Algeria and characterization of local isolates.
Autor(es)	Larbi, D.; Belkahla, H.; Djelouah, K.; D'Onghia, A. M.;
Año Publicación	2015
Fuente	Acta Horticulturae

During the period 2009-2012, the main Algerian citrus growing areas located in the Mitidja region were surveyed using a hierarchical sampling protocol developed in the Mediterranean Agronomic Institute of Bari (MAIB-HS) to assess the presence of Citrus tristeza virus (CTV). Flowers and leaves from the selected trees were analyzed by Direct Tissue Blot Immunoassay (DTBIA). About 25.6% of the 2193 trees tested were CTV-infected, with highest CTV infection rate being found in 'Common' mandarin trees (72.1%), followed by Jaffa orange (58.8%) and to a lesser extent by lemon and common clementine. Clear tristeza decline symptoms were observed during the survey in some trees propagated on the sour orange rootstock. A few CTV-infected samples selected for indexing on the universal indicator Mexican lime, induced in this host vein clearing symptoms. Single-strand conformation polymorphism (SSCP) and sequence analysis of the coat protein gene of 39 selected Algerian CTV isolates showed 99% similarity with the Spanish mild CTV isolate T385.

Título	Damage pattern recognition of Citrus reticulate blanco based on multi-fractal analysis of image hue
Autor(es)	Wen ZhiYuan; Cao LePing
Año Publicación	2014
Fuente	Nongye Jixie Xuebao = Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery

The investigation proposed a new algorithm to automatize the identification process of pests and insects disease of Citrus reticulata Blanco var. Ponkan, in which multi-fractal spectra of image hue were set as inputs of wavelet neural network model. In the new algorithm, image boundary of damage pattern of Ponkan was extracted with improved watershed algorithm, and discontinuous boundary was processed with boundary following, meanwhile over-segmentation region was merged and boundary was marked, at last, damage pattern image was generated. After the work above, firstly, hue range 0° - 120° of damage pattern image was equally segmented into 4 regions to generate 4 binary images. And then these binary images were analyzed by multi-fractal method to calculate the widths and heights of multi-fractal spectra of scale invariance region. In the end, the widths and heights of multi-fractal spectra were set as the inputs of wavelet neural network model to identify the pest and insects disease of citrus fruit. Test results showed that the accurate rate of identification of 5 pests and insects disease is about 87%, which means that widths and heights of multi-fractal spectra are sufficient to characterize the damage pattern of citrus fruit, and this method is applicable in machine automatic recognition for pests and insects disease of citrus fruit.

Título	Monitoring the development of toxinogenic fungi on citrus in post-harvest.
Autor(es)	Nobili, C.; Rossi, P. de
Año Publicación	2016
Fuente	Rapporti ISTISAN - Istituto Superiore di Sanità

This paper presents the results of a study conducted to develop a biomolecular quali-quantitative protocol (real time PCR) for the detection of *Penicillium digitatum* on citrus in postharvest. A molecular method has been developed for early detection of fungal contamination in citrus fruits (mandarins) based on the amplification of fungal DNA target sequences with species-specific primers. Under the conditions tested, the chosen pair of primers has been characterized by high specificity and sensitivity to the target DNA sequence. The results obtained showed a sensitivity of the method such as to allow the determination in the initial stages of infection, when the fungal mycelium is still not visible to an observation under a stereomicroscope.

Título	Detection and quantification by PCR assay of the biocontrol agent <i>Pantoea agglomerans</i> CPA-2 on apples
Autor(es)	Soto-Muñoz, L.; Teixidó, N.; Usall, J.; Viñas, I.; Torres, R.
Año Publicación	2014
Fuente	International Journal of Food Microbiology

The registration of biological control agents requires the development of monitoring systems to detect and quantify the agent in the environment. *Pantoea agglomerans* CPA-2 is an effective biocontrol agent for postharvest diseases of citrus and pome fruits. The monitoring of CPA-2 in postharvest semi-commercial trials was evaluated by Rodac impression plates and the colonies isolated were confirmed by conventional PCR using the SCAR primers PAGA1 and PAGB1. Samples were taken from different surfaces that had contact with CPA-2, the surrounding environment and working clothes worn by handlers. Moreover, population dynamics of the strain CPA-2 were determined on apple surfaces using both the classical plating technique and real-time quantitative PCR (qPCR). A qPCR assay using a 3'-minor groove-binding (MGB) probe was developed for the specific detection and quantification of *P. agglomerans* strain CPA-2. Based on the nucleotide sequence of a SCAR fragment of CPA-2, one primer set and TaqMan MGB probe

were designed. The primers SP2-F/SP2-R and the TaqMan MGB probe showed a specific detection of strain CPA-2 on apple surfaces, which was verified tested against purified DNA from 17 strains of *P. agglomerans*, 4 related *Pantoea* species, and 21 bacterial strains from other genera isolated from whole and also freshly-cut fruit and vegetables. The detection level was approximately 103 cells per reaction, and the standard curve was linear within a range of 5 log units. Results from semi-commercial trials showed that CPA-2 had a low impact. The maximum persistence of *P. agglomerans* CPA-2 was not longer than 5 days in plastic boxes stored at 0°C. Significant differences in CPA-2 population level dynamics were observed in results obtained by qPCR and dilution plating. These differences may indicate the presence of non-degraded DNA from non-viable cells. In conclusion, qPCR is a novel potential tool to quickly and specifically monitor recent surface colonisation by CPA-2 populations on apple surfaces during large-scale experiments that could ensure efficient and successful treatments.

Título	Development and application of information query service system for standardized orchard
Autor(es)	Li LiJie; Sun ChanGing; Yue YanBin; Li YuRong; Peng ZhiLiang; Zhao ZeYing
Año Publicación	2013
Fuente	Guizhou Agricultural Sciences

For the sake of enhancing the production management level of orchards in Guizhou mountainous area, taking demonstration sites of standardized orchards as the object and "peasants+variety" as the basic units, a information query service system for standardized orchard based on satellite pictures and ArcGIS, including touchscreen-based version, standalone version and online version, was designed and developed by using technologies of computer, database, GIS and multi-media in line with the main production processes of cultivation, management, fermentation, pest control and harvest during fruit tree production process. This query service system was generalized and applied in loquat garden (Kaiyang County), Dragon fruit orchard (Guanling County), citrus orchard (Jinping County) and peach orchard (Naming District in Guiyang City), and wonderful effects were achieved, which would provide a technical support for precision management of orchards.

- **Nueces**

Título	Control and monitoring of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in walnut orchards treated with novel high-load, low-density "meso" dispensers of sex pheromone and pear ester
Autor(es)	Light, D. M.
Año Publicación	2016
Fuente	Environmental Entomology

Low-density per ha "meso" dispensers loaded with pear ester, ethyl (E,Z)-2,4-decadienoate, kairomone and codlemone, (E,E)-8,10-dodecadien-1-ol, pheromone of codling moth, *Cydia pomonella* (L.), were evaluated versus meso dispensers loaded with pheromone alone for mating disruption control in walnut orchards receiving no insecticide sprays. Meso dispensers loaded with codlemone alone (Ph meso) were applied at 50 ha⁻¹ and compared with mesos combining codlemone and pear ester (Ph+PE meso) at 25 and 50ha⁻¹. Various lures containing pear ester (PE), Ph-PE combo, and an experimental codlemone plus (E)-4,8-dimethyl-1,3,7-nonatriene lure were tested alone and with acetic acid (AA) lures for moth capture efficacy. Male moth capture in

pheromone traps was significantly reduced by 88% in Ph meso plots and 96% in Ph+PE meso plots versus control plots. Moth capture in Ph-PE combo traps was significantly reduced for both sexes in all meso plots. Harvest damage by both the codling moth and the secondary pest, navel orangeworm, *Amyelois transitella* (Walker), was significantly lower in all meso treatment plots compared with damage in control plots. Nut injury level with the Ph+PE meso treatment (50 ha⁻¹) was significantly lower than in Ph meso plots for both codling moth and combined pest injury. Regression analysis suggested that nut infestation levels by navel orangeworm were influenced by codling moth levels. In all meso plots, the most effective lures attracting both codling moth sexes were PE & AA or Ph-PE combo & AA. Demonstrated disruption and control efficacy of these pheromone plus PE-meso dispensers applied at low densities supports development of the meso dispenser tactic for practical pest management use in walnut orchards with inherent low planting densities.

Título	Evaluating plant volatiles for monitoring natural enemies in apple, pear and walnut orchards.
Autor(es)	Jones, V. P.; Horton, D. R.; Mills, N. J.; Unruh, T. R.; Baker, C. C.; Melton, T. D.; Milickzy, E.; Steffan, S. A.; Shearer, P. W.; Amarasekare, K. G.
Año Publicación	2016
Fuente	Biological Control

The ability to estimate natural enemy abundance is crucial to the integration of biological control into IPM programs. Traditional sampling approaches for natural enemies are few and most are inefficient, but recent studies suggest attraction of natural enemies to plant volatiles may be a useful proxy for direct sampling. We evaluated various combinations of herbivore-induced plant volatiles and floral volatiles as monitoring tools for natural enemies found in apple, pear, and walnut orchards in California, Oregon, and Washington. In 2010 we used a full factorial experimental designs to evaluate lures for all combinations of acetic acid (AA), acetophenone (AP), phenylacetaldehyde (PAA) and 2-phenylethanol (PE). Of nine natural enemy taxa analyzed, we found syrphid flies responded strongly to PE, but combining AA with PE attenuated trap catch and combining PAA to PE eliminated the activity of PE. *Chrysoperla* spp. (Chrysopidae) responded strongly to most of the individual compounds and the various interactions between the components allowed multiple ways to achieve roughly the same trap catch. All of the hymenopteran taxa collected responded strongly to PAA, and PAA containing lures were nearly always a component of the top eight lures. A smaller factorial experiment testing all possible combinations of AA, PAA and methyl salicylate (MS) showed that single component AA or MS lures were generally not significantly different than the controls for all taxa tested, but for the hymenopteran taxa, traps baited with MS+PAA performed the best or were not significantly different than the best performing lure. A 2011 trial was conducted to test the influence of the addition of AA and/or MS on previously tested lures. Combining AA or MS with other lures, improved the capture of *Chrysoperla* spp.; *Scaeva pyrastris* (L.) (Syrphidae) capture was enhanced when MS was used with PE; and PE was attractive to the three syrphid flies, *Chrysoperla* spp., and the parasitoid *Aphelinus mali* (Haldeman) (Aphelinidae). The differential responses to various blends exhibited among taxa show that combinations of plant volatiles can be chosen to increase specificity of attraction to a few taxa or increase the number of species attracted. This flexibility should add to the general value and breadth of use of plant volatile monitoring lures.

- **Cultivos de uva**

Título	Development of a web tool for action threshold evaluation in table grape pest management.
Autor(es)	Cañadas, J.; Águila, I. M. del; Palma, J.
Año Publicación	2017
Fuente	Precision Agriculture

Pest control is a major issue in agricultural management due to crop yield losses caused by pests. In this context, integrated pest management aims to suppress pest populations below an action threshold to minimize their impact. This paper presents the development of a web tool based on the Spanish regulations for the integrated pest management of table grapes; this provides decision support for evaluating when a particular pest action threshold has been crossed thus affecting table grape crops. The tool was built using a model-driven software development approach that enables software system generation from the problem's knowledge model. The design of the knowledge bases which contain the system's decision rules is also described. It is divided into knowledge bases that contain general knowledge related to the table grape crop as well as several specific knowledge bases (one per pest) containing the reasoning model that deduces the risk associated with a particular pest. The software has been designed by applying the model-driven development method thus making the system flexible, easy to evolve and adaptable whenever a new pest has to be incorporated into the software.

Título	Detection of Flavescence dorée grapevine disease using unmanned aerial vehicle (UAV) multispectral imagery.
Autor(es)	Albetis, J.; Duthoit, S.; Guttler, F.; Jacquin, A.; Goulard, M.; Poilvé, H.; Féret, J. B.; Dedieu, G.
Año Publicación	2017
Fuente	Remote Sensing

Flavescence dorée is a grapevine disease affecting European vineyards which has severe economic consequences and containing its spread is therefore considered as a major challenge for viticulture. Flavescence dorée is subject to mandatory pest control including removal of the infected vines and, in this context, automatic detection of Flavescence dorée symptomatic vines by unmanned aerial vehicle (UAV) remote sensing could constitute a key diagnosis instrument for growers. The objective of this paper is to evaluate the feasibility of discriminating the Flavescence dorée symptoms in red and white cultivars from healthy vine vegetation using UAV multispectral imagery. Exhaustive ground truth data and UAV multispectral imagery (visible and near-infrared domain) have been acquired in September 2015 over four selected vineyards in Southwest France. Spectral signatures of healthy and symptomatic plants were studied with a set of 20 variables computed from the UAV images (spectral bands, vegetation indices and biophysical parameters) using univariate and multivariate classification approaches. Best results were achieved with red cultivars (both using univariate and multivariate approaches). For white cultivars, results were not satisfactory either for the univariate or the multivariate. Nevertheless, external accuracy assessment show that despite problems of Flavescence dorée and healthy pixel misclassification, an operational Flavescence dorée mapping technique using UAV-based imagery can still be proposed.

3.4.2 Análisis de producción tecnológica

A partir de 530 documentos de patentes identificados, se observa que el nivel de patentamiento en el ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades muestra una tendencia inestable, considerando que en 2014 y 2016 la producción tecnológica aumentó, mientras que en 2015 y 2017, la producción tecnológica disminuyó. A pesar de esto, el crecimiento global en los últimos 5 años alcanzó el 65%, pasando de 75 documentos de patentes en 2013 a 124 documentos de patentes en 2017.

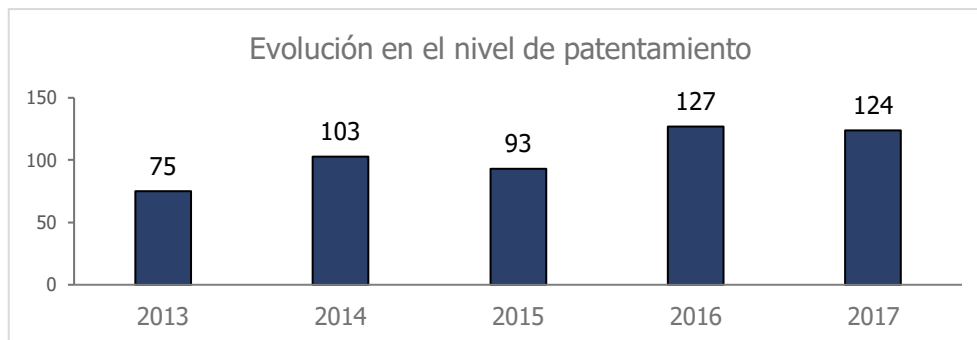


Figura 3.30 Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades, en el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

Esta tendencia inestable en la evolución, con años de crecimiento seguidos por un año de disminución en la producción tecnológica, se evidencia tanto a nivel de patentes solicitadas como de concedidas. Sólo en el 2017 se observa un crecimiento fuera de tendencia en la cantidad de concesiones de patentes, tal como se observa en la siguiente figura.

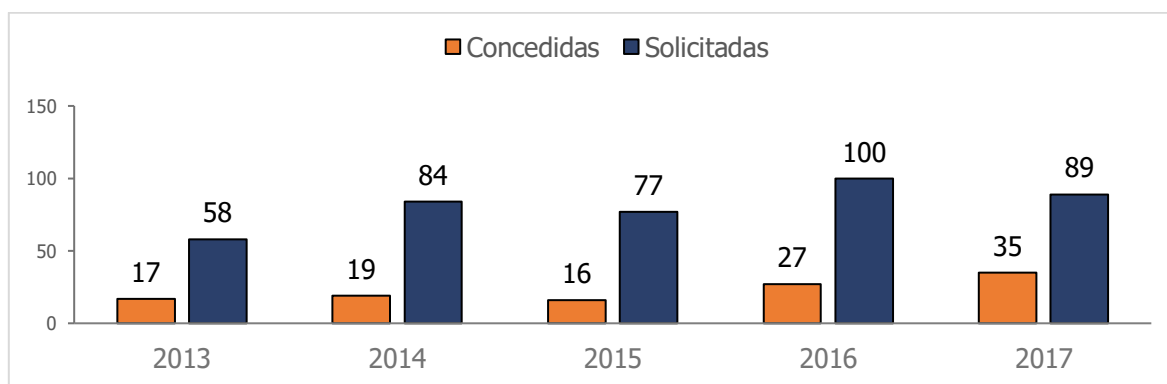


Figura 3.31 Evolución en el nivel de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades, en el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.4.2.1 Países líderes

Estados Unidos lidera el desarrollo de nuevas tecnologías en este ámbito, concentrando el 54% del total de documentos de patentes identificados para el período 2013 - 2018. Le siguen Alemania, Suiza, Canadá y Japón.

La siguiente figura muestra los 10 países líderes en producción de nuevas tecnologías en este ámbito, para el período 2013 - 2018.

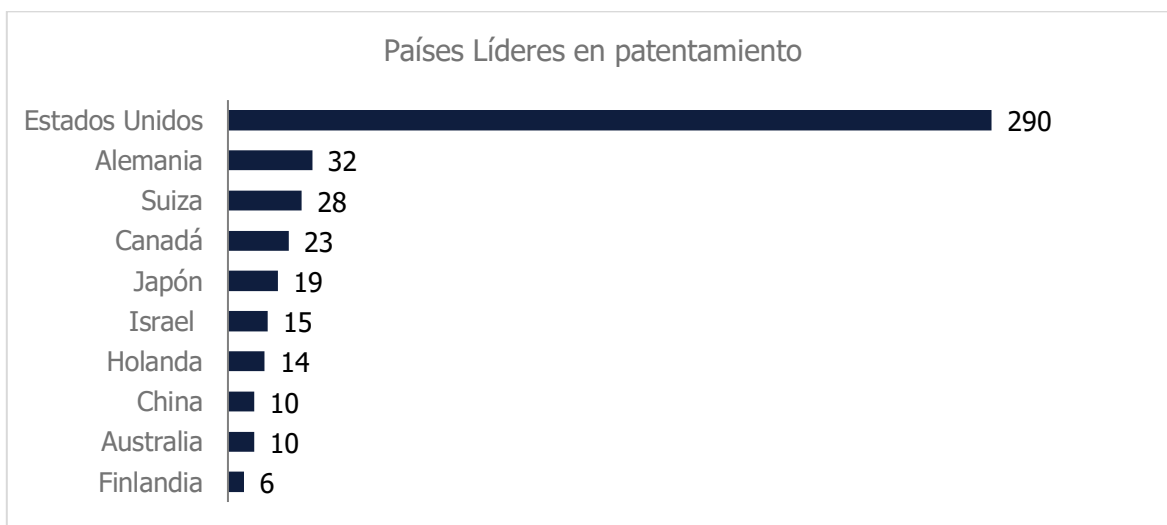


Figura 3.32 Países líderes en patentamiento en el ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.4.2.2 Instituciones líderes

En relación con las instituciones líderes en patentamiento para el período 2013 - 2018, el ámbito de Manejo y/o control de plagas y enfermedades es dominado por la compañía Dow Agrosciences (Estados Unidos) con 33 documentos de patentes identificados en los últimos 5 años. Le siguen las empresas Deere & Co. (Estados Unidos) con 18 documentos de patentes en el período de análisis y 3 empresas con 9 documentos de patentes cada una, Syngenta AG (Suiza), Trimble Navigation Ltd. (Estados Unidos) y Clariant International Ltd. (Suiza).

La siguiente figura muestra el listado de las empresas líderes a nivel mundial en la producción de nuevas tecnologías para el ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades.



Figura 3.33 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.4.2.3 Áreas tecnológicas más patentadas

La tabla 3.4 contiene el listado de los códigos CIP más patentados entre los años 2013 y 2018 para el ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades, junto con la descripción de cada uno de ellos. Además, se indica la frecuencia de aparición, es decir, la cantidad de documentos de patentes que contienen dicho código en relación a los 530 documentos de patentes identificados en este ámbito.

Tabla 3.4 Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades, en el período 2013-2018.

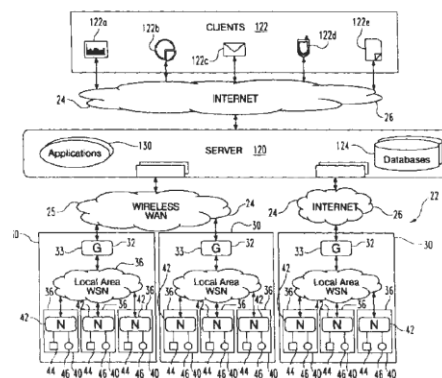
Código CIP	Descripción	Cantidad de patentes
A01M000102	Sistemas fijos para la captura o la destrucción de insectos. Con dispositivos para atraer a los insectos.	58
A01M000120	Captura o destrucción de insectos por medio de veneno, narcóticos o fuego.	50
A01M000700	Adaptaciones o disposiciones especiales de los aparatos de pulverización de líquidos para los fines a los que se refiere la presente subclase.	62
G06Q005002	Sistemas o métodos especialmente adaptados para un sector de negocios específico. Agricultura.	30
A01M000110	Sistemas fijos para la captura o la destrucción de insectos.	22
A01N002500	Biocidas, productos que repelen o atraen a los animales perjudiciales, o reguladores del crecimiento de los vegetales, caracterizados por su forma, ingredientes inactivos o modos de aplicación.	21

A01C002300	Dispositivos distribuidores especialmente preparados para el rociado del agua de estiércol o de otros fertilizantes líquidos incluido el amoníaco.	21
A01N002530	Biocidas, productos que repelen o atraen a los animales perjudiciales, o reguladores del crecimiento de los vegetales, caracterizados por su forma, ingredientes inactivos o modos de aplicación. Caracterizados por el agente tensoactivo.	20

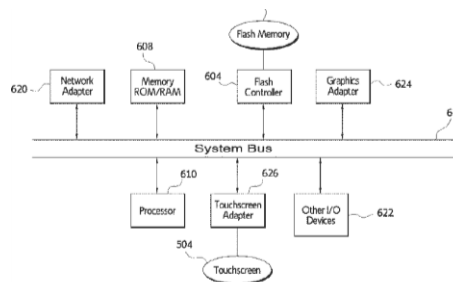
Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

Tecnologías asociadas a los códigos CIP más patentados

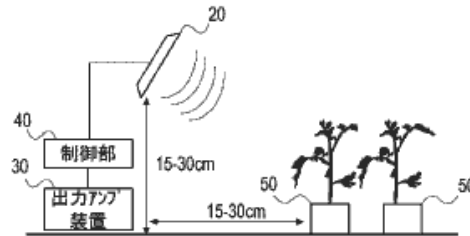
Con respecto a las tecnologías que se clasifican en los códigos CIP más patentados en el ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades, para el período 2013 - 2018, una de las áreas tecnológicas más relevantes corresponde a los sistemas y métodos para el control de tratamientos con pesticidas. En este sentido, se destaca la patente [US9542835B2](#) “Networked pest control system”, solicitada por la empresa Dow Agrosciences LLC (Estados Unidos), donde se describe un método de control de plagas en red para eliminar plagas en áreas ocupadas por humanos, ganado y cultivos. El método implica la operación del sistema de control de plagas, y que incluye varios dispositivos de control de plagas y un colector de datos. Los dispositivos de control de plagas están provistos de un sensor de plagas y un circuito de comunicación inalámbrico. La información del sensor se transmite de forma inalámbrica desde un dispositivo de control de plagas a otro dispositivo de control de plagas. La información del sensor se proporciona de forma inalámbrica al recopilador de datos. Dado que la información del sensor se transmite de forma inalámbrica desde los dispositivos de control al colector de datos, el gasto de mano de obra se reduce significativamente.



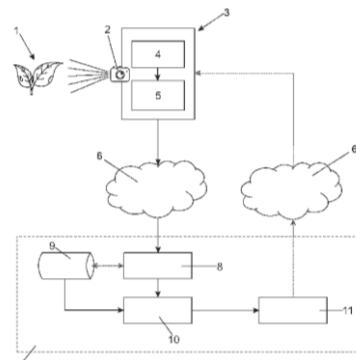
La patente [US9756844B2](#) “Method and system to map biological pests in agricultural fields using remotely-sensed data for field scouting and targeted chemical application”, solicitada por la compañía Climate Corporation (Estados Unidos), describe un método para aplicar productos químicos de forma precisa en un cultivo, dirigido por mapas digitales desarrollados a partir de datos obtenidos por teledetección (Remote sensing), y que implica proporcionar orientación para la aplicación de productos químicos en áreas de bajo rendimiento que se confirmó que tenían plagas biológicas.



Otra línea tecnológica de alto interés dentro del ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades, corresponde a los sistemas y métodos para gestionar y controlar las enfermedades dentro de una operación agrícola. Se destaca en este caso la patente [WO2014132986A1](#) “Cultivation method, seedling raising method, ultrasonic disease control device, disease control method, production method and plant body or seedling”, solicitada por la Universidad de Tokio (Japón), en donde se describe un método de cultivo, que implica la irradiación de plantas cultivadas con ondas ultrasónicas.



La patente [US20130156271A1](#) “System for analysis of pests and diseases in crops and orchards via mobile phone”, solicitada por la empresa Net-Fit Tecnologia Da Informacao Ltda. (Brasil), describe un sistema de análisis de plagas y enfermedades en cultivos y huertos a través del teléfono móvil, que utiliza la cámara del teléfono móvil para iniciar el registro del cultivo o ubicación afectada, donde la fecha, hora y posición ya están configuradas en la unidad de captura de imágenes, y por lo tanto asegura un sistema de análisis de plagas y enfermedades rentable y eficiente. Un programa de computadora procesa la imagen, que se envía a un servidor central a través de Internet. El software de reconocimiento de imagen se proporciona con otro software de extracción de información. La imagen se sitúa en el espacio a través de las coordenadas del Sistema de Posicionamiento Global ya integradas en el teléfono móvil.

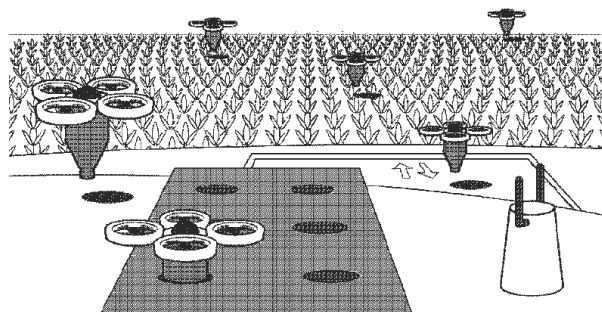


Se destacan también en este ámbito, nuevas tecnologías para la gestión integral de plagas y enfermedades en los cultivos, asociadas con sistemas de control, monitoreo y agricultura inteligente. En este caso, la patente [US8437879B2](#) “System and method for providing prescribed resources to plants”, solicitada por la empresa Deere & Co. (Estados Unidos), propone un método para proporcionar la aplicación de recursos a los cultivos, que implica la aplicación de recursos mediante un vehículo utilitario móvil a cada planta de acuerdo con la prescripción para cada una de ellas. El método mejora el rendimiento de los cultivos, la calidad, el valor nutricional, la resistencia a insectos y enfermedades y el estrés ambiental.

La patente [US20170045488A1](#) “Methods and apparatus for determining fertilizer/treatment requirements and/or predicting plant growth response”, solicitada por Mark James Riess (Estados Unidos), describe un método para el análisis de muestras de suelo, que permite determinar los niveles de nutrientes disponibles. El método implica mezclar la primera porción de muestra de suelo con agua, determinar el nutriente disponible inicial y comparar los nutrientes con los requerimientos de nutrientes para el crecimiento deseado de la planta. El método aumenta la salud de los cultivos, reduce el exceso de nutrientes ambientalmente sensibles, entrega recomendaciones precisas de fertilizantes, y ahorra

tiempo y dinero en aplicaciones de campo inexactas, y la pérdida de rendimiento debido a la desnutrición.

La patente [EP2978665A4](#) “Aerial farm robot system for crop dusting, planting, fertilizing and other field jobs”, solicitada por la empresa Bee Robotics Corporation (Reino Unido), describe un método para utilizar robots aérea para realizar tareas agrícolas, por ejemplo fumigación, siembra y otras tareas agrícolas o de cría relacionadas con el campo. Se ha reivindicado de formar particular su uso para procesos de fertilización. Su ventaja radica en que el método permite realizar tareas agrícolas utilizando equipos robóticos automatizados pequeños, ágiles, livianos y energéticamente eficientes en comparación con la agricultura moderna, elimina la dependencia del combustible, tiene mejor precisión, es seguro ya que reduce el uso de productos químicos protectores de cultivos, reduce el uso de fertilizantes, y disminuye la erosión del suelo.

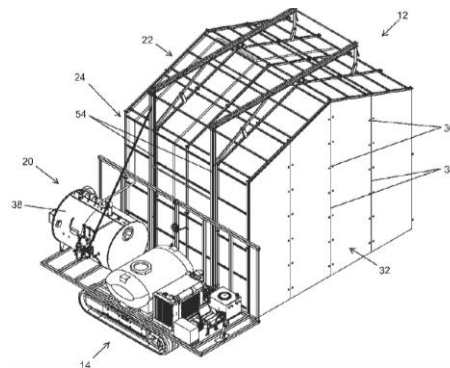


reivindicado de formar particular su uso para procesos de fertilización. Su ventaja radica en que el método permite realizar tareas agrícolas utilizando equipos robóticos automatizados pequeños, ágiles, livianos y energéticamente eficientes en comparación con la agricultura moderna, elimina la dependencia del combustible, tiene mejor precisión, es seguro ya que reduce el uso de productos químicos protectores de cultivos, reduce el uso de fertilizantes, y disminuye la erosión del suelo.

Tecnologías asociadas a especies priorizadas

En relación con las tecnologías identificadas en el ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades, que hacen referencia a algunas de las especies priorizadas, se destaca la patente [EP2914572A1](#) “Method of monitoring and/or controlling *thysanoptera*”, solicitada por la Universidad de Keele (Reino Unido), describe un método de monitoreo o control de tisanópteros, que implica el uso de éster alquenílico lineal o ramificado de ácido lavandulico como compuesto modificador del comportamiento. El método reduce la cantidad de plaguicidas convencionales que se utilizan, lo que proporciona un ahorro en el costo para el productor y reduce la carga para el medio ambiente. Dentro de las especies priorizadas, su uso está reivindicado para cultivos de cítricos y paltos.

La patente [US20160050854A1](#) “Movable heat applicator for providing thermotherapy to trees”, solicitada por la empresa Harvesters Llc Ag. (Estados Unidos), describe un aplicador de calor móvil para su uso en termoterapia agrícola. Proporciona termoterapia para tratar enfermedades bacterianas en cultivos de árboles de cítricos. Posee un sistema de control para controlar el movimiento de la estructura de contención en relación con la superficie del suelo. Su uso incluye, pero no se limita a, naranjos, pomelos, limoneros, entre otros. Su ventaja radica en que, el aplicador permite que el sistema de control regule el vapor, para así controlar la temperatura y la humedad en la estructura de contención en las condiciones deseadas para el árbol, creando así un entorno de tratamiento deseable para reducir o tratar la enfermedad bacteriana.



3.5 Control y protección contra eventos climáticos extremos

El sector agrícola es altamente vulnerable a las variaciones y cambios del clima, y sin duda los mayores impactos provienen de una mayor frecuencia, intensidad o duración, o de eventos extremos, lo cuales provocan enormes pérdidas en la agricultura. Dado esto, los tomadores de decisiones encargados de la producción agrícola, del medioambiente u otros, deben contar con acceso a conocimientos generados por las contribuciones científicas y tecnológicas que permitan hacer frente a estos acontecimientos.

Dado lo anterior, a continuación se exponen los principales resultados científicos y tecnológicos identificados a nivel mundial en el periodo 2013-2017,

3.5.1 Análisis de la producción científica

En términos de la producción científica, se identificaron un total de 422 publicaciones en el periodo 2013-2017, las cuales se distribuyen de manera creciente entre los años 2013 y 2016, mostrando con ello un importante interés de parte de la comunidad científica por el desarrollo de trabajos en esta línea.

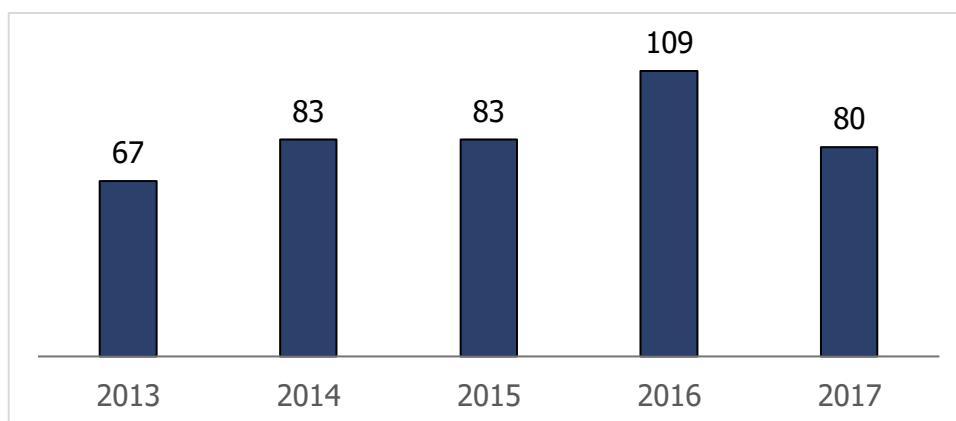


Figura 3.34 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.5.1.1 Países líderes

En el desarrollo de los resultados de investigación publicados, intervinieron 61 países, siendo China el líder con 83 publicaciones científicas en el periodo 2013-2017. En relación a países de Sudamérica, sólo Brasil figura el ranking mundial con 10 publicaciones en el periodo analizado.

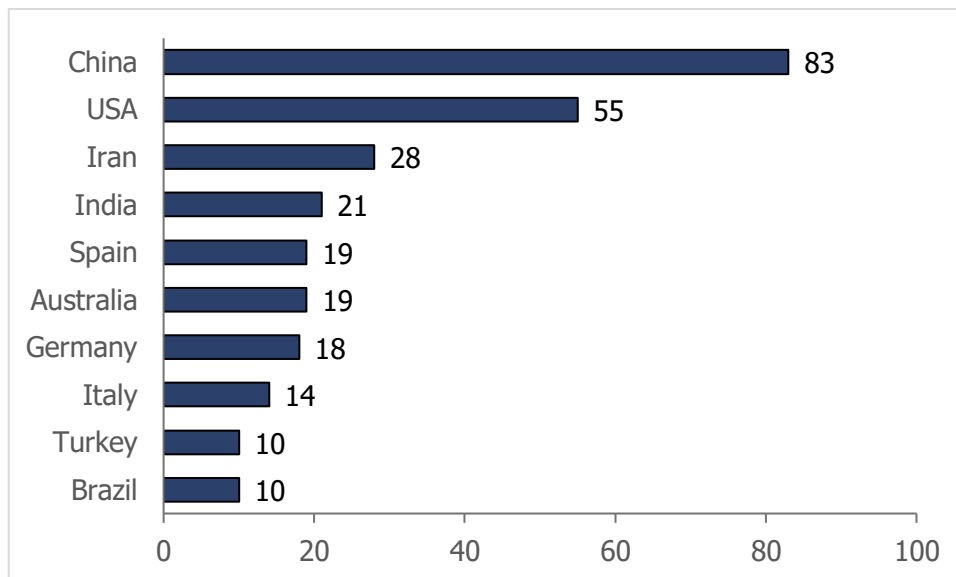


Figura 3.35 Países líderes con 10 o más publicaciones

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.5.1.2 Instituciones líderes

Lideran el ranking de instituciones la **Universidad Agrícola de China**, la **Academia China de Ciencias** y el **Departamento de Agricultura de los Estados Unidos**, esto en correspondencia con el liderazgo de países.

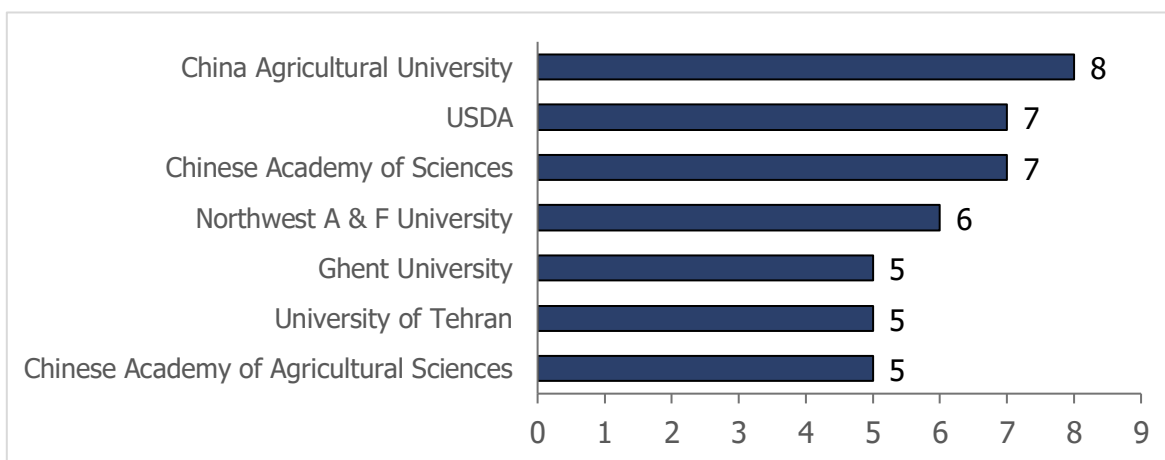


Figura 3.36 Instituciones líderes con 5 o más publicaciones

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

El tejido empresarial es menos destacado en productividad científica. No obstante se han identificado dentro de los resultados analizados a la empresa alemana **ZIM Plant Technology GmbH**, la cual surgió en el 2010, de un programa de investigación en Julius-Maximilians-Universität Würzburg, y que el 2014 fue adquirida por Yara International.

ZIM Plant Technology se especializa en el desarrollo de sensores para monitorear el estado hídrico de la planta y, por lo tanto, proporcionar a los usuarios datos en tiempo real sobre el estado hídrico de sus cultivos a través de dispositivos conectados a Internet. En esta línea la publicación siguiente, describe en detalle la sonda magnética ZIM (*ZIM-probe*), que permite medir continuamente cambios de presión de turgencia de las hojas de plantas durante largos períodos de tiempo con alta precisión y en tiempo real.

- Zimmermann, U., Bitter, R., Marchiori, P. E. R., Rüger, S., Ehrenberger, W., Sukhorukov, V. L., Schüttler, A., Ribeiro, R. V. (2013). *A non-invasive plant-based probe for continuous monitoring of water stress in real time: a new tool for irrigation scheduling and deeper insight into drought and salinity stress physiology.*

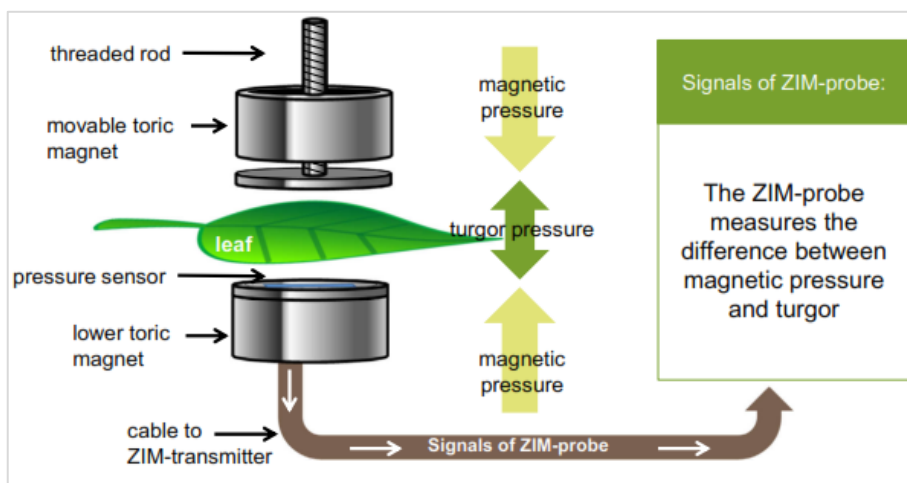


Figura 3.37 Diagrama esquemático del principio de medición de la sonda magnética ZIM

3.5.1.3 Áreas de Investigación

En términos de las áreas de investigación, se observa que los descriptores con mayor frecuencia de aparición corresponden a *Meteorology and Climate*, *Drought*, *Monitoring* y *Remote sensing*. A estos términos, según muestra la figura 3.38, le siguen una serie de descriptores asociados a cultivos protegidos (bajo plásticos, bajo vidrios, invernaderos), tolerancia y/o resistencia a estrés abiótico, principalmente sequía y calor.



Figura 3.38 Descriptores con mayor frecuencia de aparición
 Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile, 2018.

Dentro de los análisis de las palabras clave, también se observa que la presencia una baja frecuencia de aparición podría ser un tema emergente y representar áreas de trabajo futuro para determinados grupos de investigación. En la línea del control y protección contra eventos climáticos extremos, el análisis de temas incipientes arroja los resultados que se presentan a continuación:

- **Reflectancia de cultivo**

Título	Assessment of crop water status by means of crop reflectance.
Autor(es)	Elvanidi, A.; Katsoulas, N.; Bartzanas, T.; Ferentinos, K. P.; Kittas, C.
Año Publicación	2017
Fuente	Acta Horticulturae

Aim of this work is to present the procedure for precise plant reflectance measurements in order to estimate the plant water and chlorophyll status in a controlled environment. The method could be applied to conventional or organic greenhouse conditions. A hyperspectral camera was used to provide remotely plant reflectance measurements during periods with normal or low substrate water content. The optic sensor was calibrated into a light-controlled growth chamber. Reflectance measurements were carried out in tomato plants (*Solanum lycopersicum* 'Elpida') grown on perlite slabs. Well-irrigated pants were used as a reference point during the experimental period, while water stress was applied by withholding irrigation. Radiometric calibration includes the elimination of a variety of noise sources, such as photon noise, thermal noise, read out noise and quantisation noise. The proper number of lens aperture (f/) and exposure time (ms) ranges of the camera for the specific light signal conditions were evaluated, in order to achieve the most suitable readout values. Different algorithms and statistical methods (spectral threshold methods, supervised

classification algorithms, unsupervised clustering algorithms) were used to detect and classify the object and extract the suitable information from the plant. Crop reflectance tended to increase as the substrate moisture content decreased from the first hours of irrigation pause. The combination of more than one spectral regions led to reflectance index estimations. The best indices for plant water stress detection were the mrNDVI and mrSRI values as they had the higher correlation with substrate water content. VOGREI and TCARI gave good correlation with plant chlorophyll and nitrogen content, with correlation coefficients up to 0.70.

3.5.1.4 Investigaciones asociadas a especies priorizadas

Vinculado exclusivamente a las especies priorizadas, se han identificado siete publicaciones científicas, vinculadas a cítricos, nueces y cultivo de uva.

- **Nueces**

Título	Impact of root growth and hydraulic conductance on canopy carbon-water relations of young walnut trees (<i>Juglans regia</i> L.) under drought.
Autor(es)	Jerszurki, D.; Couvreur, V.; Maxwell, T.; Silva, L. de C. R.; Matsumoto, N.; Shackel, K.; Souza, J. L. M. de; Hopmans, J.
Año Publicación	2017
Fuente	Scientia Horticulturae

In addition to soil characteristics, two plant traits control the supply of water from the soil to the canopy: root growth and plant hydraulic conductance. Here we examine the impact of root growth and hydraulic conductance on water uptake and transpiration of walnut under deficit irrigation. A greenhouse experiment was conducted using nine young walnut trees (*Juglans regia* L.) grown for three months in transparent pots, equipped with: (i) rhizotron tubes, which allowed for non-invasive monitoring of root growth; (ii) pressure transducer tensiometers, recording soil water potential at soil-root interfaces; (iii) psychrometers attached to mature leaves, measuring stem water potential; and (iv) weighing scales used to determine total plant transpiration. Irrigation treatments consisted of different replenishment levels (100%, 75%, and 50%) of potential transpiration replicated over time. Walnut trees showed rapid physiological acclimation characterized by a fast decline and subsequent stabilization of transpiration rates soon after the beginning of drought stress treatments. We also observed a significant decrease in plant hydraulic conductance with decreasing soil and stem water potential under drought stress. At the end of the experiment, isotopic measurements revealed the integrated effect of physiological acclimation on canopy carbon-water relations. Leaf carbon isotope ratios showed significant increases in water-use efficiency with deficit irrigation levels. Leaf water hydrogen and oxygen isotope ratios confirmed that changes in water use-efficiency were caused by decreases in transpiration. Conversely, root growth was highest under low stress (T100) and lowest under high stress (T50). These results indicate the existence of a fundamental tradeoff between water-use efficiency and root growth, which will be useful to optimize the application of water and improve the design of irrigation systems in walnut orchards.

Título	Association analysis of some physiological traits in Persian walnut under drought stress by SSR markers
Autor(es)	Taheri, A.; Seyedi, N.; Mandoulakani, B. A.
Año Publicación	2015
Fuente	Iranian Journal of Forest

Walnut has a high economic value because of the good quality of wood and fruits. So this species has been harvested since many years ago till today and has been introduced as a protected species. The performance of *Juglans regia* increases in wet years, but reduces in dry years, hence paying attention to physiological and morphological parameters in order to identify the genomic regions related to drought resistant is important for breeding programs in walnut. In this study, genetic diversity by SSR markers has been evaluated. Also, the association of used primers with physiological and morphological traits were analyzed before and after drought stress. 10 SSR primer pairs generated 53 alleles in 62 walnut seedlings. All loci showed significant difference ($p \leq 0.01$) from the Hardy-Weinberg. Dendrogram of the Neighbour-Joining method showed that 62 walnut seedlings divided to four main groups. Analyses of population structure by Structure 2.3.1 software identified two sub populations ($k=2$). Based on association mapping analysis, by using MLM (mixed liner model) method, transpiration, conductance and photosynthesis have been controlled by WGA9 and WGA69 loci in normal condition. In stress condition WGA1 loci showed relationship with CO₂ concentration that was covered 75% of variations of this trait. The results of this study can be used in breeding programs of *Juglans regia* to identify drought resistant varieties.

Título	AGRISERVER: a real-time sensing network for farms with applications for agriculture and related industries
Autor(es)	Saito, Y.; Kobayashi, K.; Suzuki, T.; Hirafuji, M.; Kiura, T.; Fukatsu, T.
Año Publicación	2013
Fuente	Agricultural Information Research

AGRISERVER is a sensor network with software for agricultural use. It has been operating for more than 6 years in a vineyard, a chestnut orchard, an apple orchard, and a green-house in Obuse, Nagano Prefecture, Japan. It provides data on temperature, humidity, and solar intensity at each farm, as well as crop images, through the Internet. It has supplied large amounts of data for us in multiple applications in agriculture-related industries. To distribute the AGRISERVER data to the public, we opened a new portal site, "Know-Live". We propose several applications for the effective use of the data, including cultivation and management, food-chain traceability, agribusiness advertising, education, communication between farmers and consumers, and agritourism. Discussions on the applications confirmed that AGRISERVER can be a powerful tool, especially in an agriculture-based society such as that in Obuse.

- **Cítricos**

Título	Managing drought stress of oranges under Sao Paulo-Minas Gerais, Brazil conditions to optimize flower bud induction and productivity.
Autor(es)	Albrigo, L. G.; Carrera, R. R.
Año Publicación	2015
Fuente	Acta Horticulturae

Winter weather in the Sao Paulo-Minas Gerais citrus production area varies considerably year-to-year, but often there is adequate cold induction in the south and excessive drought in the north. A program of monitoring winter temperature and rainfall data for farms from near Conchal, SP to north of Frutal, MG was instituted starting in 2008 and reported here through 2012. Controlled irrigation experiments were also instituted at two locations in the northern third of SP State, one of which was abandoned due to severe greening disease. Cool temperature induction hours (19°C or less) ranged from <200 to more than 1300 h depending on location and year. Based on an ultralow volume irrigation scheme, deficits in cool temperature induction were compensated for by a moderate drought stress management system (MDSM) to achieve adequate flower bud induction without excessive drought stress. In the ultralow volume drip irrigation experiments soil moisture tensiometers indicated that keeping just the surface 20 cm with adequate moisture levels prevented severe drought and required less than 1 mm/day. These treatments kept trees in adequate condition without initiating bud sprouting for up to 120 days until released by full irrigation to allow normal bloom. The moderate stress could be released at any time in order to initiate an earlier bloom as long as water was available for normal irrigation until the rainy season started. Thirty-five to 40 days were required from initiating full irrigation until full bloom. Yields were very satisfactory in four of five years under this program which is now being used on over 10,000 ha.

Título	Protected fresh grapefruit cultivation systems: antipsyllid screen effects on environmental variables inside enclosures
Autor(es)	Ferrarezi, R. S.; Wright, A. L.; Boman, B. J.; Schumann, A. W.; Gmitter, F. G.; Grosser, J. W.
Año Publicación	2017
Fuente	HortTechnology

Huanglongbing (HLB) disease is a threat to most citrus (*Citrus* sp.) producing areas and is associated with the bacterium *Candidatus Liberibacter asiaticus*. The disease is transmitted by the vector asian citrus psyllid [ACP (*Diaphoria citri*)]. Antipsyllid screen houses can potentially reduce and eliminate HLB development in young citrus plantings by excluding the insect vector. These structures are also anticipated to represent a new environmental platform to cultivate high-valued fresh citrus. The purpose of this investigation was to evaluate the effect of screen houses on excluding infective ACP from inoculating grapefruit (*Citrus* *paradisi*) trees and determine changes on environmental conditions caused by the screen cloth. We tested two coverings [enclosed screen house and open-air (control)] and two planting systems (in-ground and container-grown), with four replications arranged in a split-plot experimental design. Psyllid counting and HLB diagnosis were performed monthly, and the antipsyllid screen excluded the HLB vector from the houses. ACP and HLB-positive trees were found only at the open-air plots. Weather monitoring was performed every 30 minutes from 22 Feb. to 31 July 2014. Solar radiation accumulation averaged 6.7 W.m⁻².minute⁻¹ inside the screen houses and 8.6 W.m⁻².minute⁻¹ in the open-air. Air temperature was greater inside the screen houses whereas wind gusts were

higher in the open-air. Reference evapotranspiration accumulation averaged 3.2 mm.day⁻¹ inside the screen houses and 4.2 mm.day⁻¹ in the open-air. There was no difference in cumulative rainfall between screen houses and open-air. The antipsyllid screen houses reduced solar radiation, maximum wind gust, and reference evapotranspiration (ET_o). The environmental conditions inside the protective screen houses are suitable for grapefruit production.

Título	Sprinkler irrigation pressure and spacing effect for cold protection of strawberries.
Autor(es)	Zamora-Re, M. I.; Dukes, M. D.; Stanley, C. D.; Werner, H.
Año Publicación	2016
Fuente	Journal of Irrigation and Drainage Engineering

Irrigation for cold protection in strawberries has been used for many years to protect plants from cold damage; however, large volumes of high-quality water are needed for this purpose. Based on computer modeling for citrus, an application rate (AR) of 6.35 mm h⁻¹ with impact sprinklers providing full coverage has been recommended and successfully used for this practice in other crops. Nevertheless, lower rates have not been field verified. Thus, the objective for this study was to assess the effect of varying irrigation system pressure and sprinkler spacing on AR and strawberry yield. The treatments evaluated consisted of grower's practices (GROW), representing grower cold protection practices using 345-kPa irrigation pressure at 14.6-m sprinkler spacing; automated control (AC), with the same setup as GROW but testing an automated control system based on real-time dew point; low-pressure system (LOW), evaluating irrigation at 207 kPa and 14.6-m spacing; shorter spacing (SPC), assessing an irrigation system at 345 kPa and 12.2-m spacing; and nonirrigated (NI) or control. A thermostat and resistive thermodevices (RTDs) controlled irrigation for GROW, LOW, and SPC treatments in 2011-2012 and 2012-2013, respectively, whereas wireless temperature and relative humidity (RH) sensors computed dew point (DP) and activated the AC irrigation on the basis of plant specific thresholds. Significant yield differences between the irrigated treatments and NI were observed in both seasons. After a cold event, only irrigated treatments showed a comparable linear recovery of yield; however, this recovery was not found in the NI treatment. Water savings of 5% and up to 23% were achieved during the 2011-2012 and 2012-2013 seasons, respectively, using an automated irrigation system for cold protection (AC treatment). No yield differences were obtained when the irrigation system pressure was reduced from 345 to 207 kPa, but 22% water savings was achieved. Thus, a lower pressure can reduce irrigation use without affecting yield in years with mild freezes.

- **Cultivos de uva**

Título	Methods to dissect grapevine rootstocks responses to drought stress.
Autor(es)	Grossi, D.; Emanuelli, F.; Lorenzo, G. S. di; Brancadoro, L.; Failla, O.; Grando, M. S.; Scienza, A.
Año Publicación	2016
Fuente	Acta Horticulturae

The tolerance to drought stress is a particularly important goal of grapevine rootstocks breeding. The quality of phenotyping is crucial to achieve the targets of selection. The application of high-throughput phenotyping techniques like infrared thermography has been widely used over the last few years, allowing the study of plant-environment interactions through the development of specific algorithms based on canopy temperatures. In the framework of a larger and long lasting program, the evaluation and characterization of the new rootstock selections performance and the development-validation of non-destructive phenotyping techniques, have been carried out also to provide data for genetic association studies (GWAS). In 2012, 96 genotypes of *Vitis* spp., including a genus core-collection, commercial rootstock and four new rootstocks (M series), were monitored during a dry down experiment under semi-controlled conditions. The physiological responses to water deficit were evaluated over 30 days considering leaf stomatal conductance (Gs) and leaf temperature (Tl) using a steady state porometer (Licor Li-1600) and Thermal Camera (InfRec) respectively. Data analysis consisted in the analysis of 5742 thermal images using the software InfraRecAnalyzer to obtain the thermal indices correlated with stomatal conductance. At the same time the growth of the plants (stems and leaves) were monitored. During the experiment the procedure for reducing the time for phenotyping was validated. Combining the stomatal conductance and the growth data, all genotypes were classified by different physiological characteristics and behaviors under drought stress. The application of thermography allows for rapid phenotyping and permits the screening of a large number of genotypes. The use of this tool requires special attention during the calibration phase.

3.5.2 Análisis de la producción tecnológica

A partir de 574 documentos de patentes identificados, se observa que el nivel de patentamiento en el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos muestra una tendencia al alza en los últimos 5 años, con un crecimiento de 48% en el período 2013 - 2018.

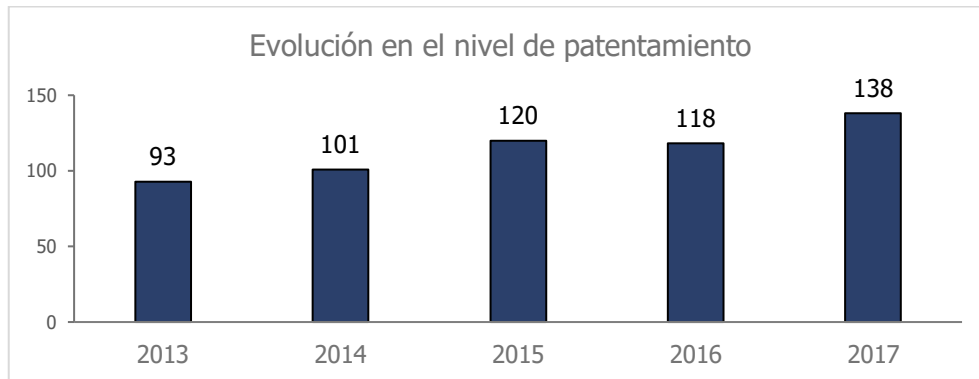


Figura 3.39 Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos, en el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

Esta tendencia se mantiene al comparar la cantidad de patentes solicitadas y concedidas, con excepción del año 2016, donde la cantidad de solicitudes disminuyó un 13% en relación al año anterior, tal como se muestra en la siguiente figura.

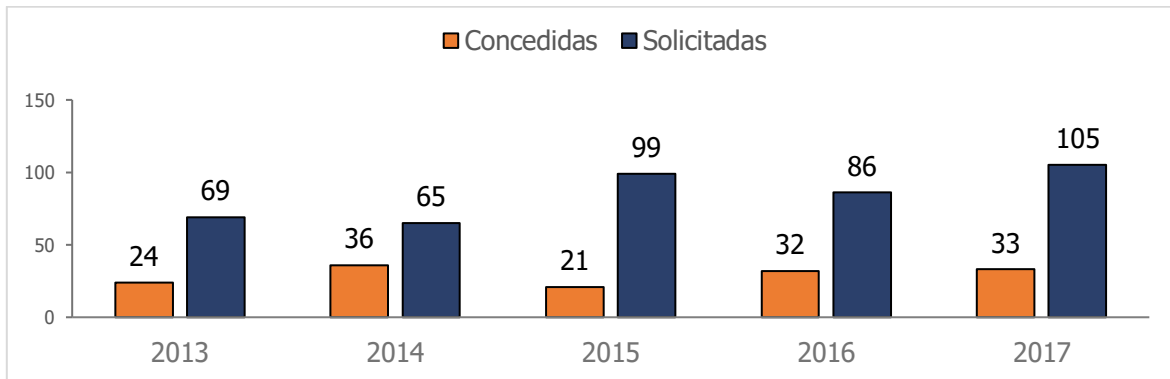


Figura 3.40 Evolución en el nivel de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos, en el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.5.2.1 Países líderes

Estados Unidos lidera el desarrollo de nuevas tecnologías en este ámbito, concentrando el 45% del total de documentos de patentes identificados para el período 2013 - 2018. Le siguen Alemania, China, Japón y Holanda.



Figura 3.41 Países líderes en patentamiento en el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.5.2.2 Instituciones líderes

En relación con las instituciones líderes en patentamiento, este ámbito se encuentra liderado por la empresa Dow Agrosciences LLC (Estados Unidos), con 25 documentos de patentes en el período 2013 - 2018. Le siguen las empresas Rain Bird Corporation (Estados Unidos) y CNH Industrial (Italia), con 15 y 13 documentos de patentes respectivamente.

La siguiente figura muestra el ranking de las 10 instituciones con mayor producción de nuevas tecnologías en el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos para el período 2013 - 2018.



Figura 3.42 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.5.2.3 Áreas tecnológicas más patentadas

La tabla 3.5 contiene el listado de los códigos CIP más patentados entre los años 2013 y 2018 para el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos, junto con la descripción de cada uno de ellos. Además, se indica la frecuencia de aparición, es decir, la cantidad de documentos de patentes que contienen dicho código en relación a los 574 documentos de patentes identificados en este ámbito.

Tabla 3.5 Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos, en el período 2013-2018.

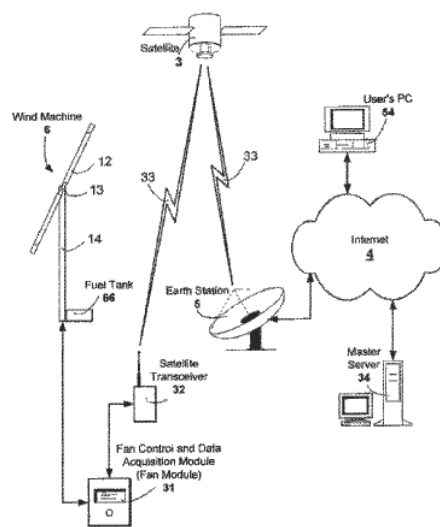
Código CIP	Descripción	Cantidad de patentes
A01G000924	Dispositivos de calefacción, aireación, climatización o riego en los invernaderos, vidrieras o instalaciones similares.	79
A01G000914	Invernaderos.	38
A01G002516	Control del riego	35
A01G000704	Tratamiento eléctrico magnético de los vegetales para favorecer su crecimiento.	26
A01G000700	Botánica en general.	20
A01N000102	Conservación de partes vivas.	18
G05D000102	Control de la posición o del rumbo por referencia a un sistema de dos dimensiones.	16
G05B001502	Sistemas controlados por un computador. Eléctricos.	16

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

Tecnologías asociadas a los códigos CIP más patentados

Con respecto a las tecnologías que se clasifican en los códigos CIP más patentados en el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos, para el período 2013 - 2018, se destacan aquellas relacionadas con los sistemas y métodos para la protección de cultivos contra eventos de heladas. En este sentido, la patente [WO2016070763A1](#) “Method for flying small unmanned helicopter to prevent and eliminate frost damage to plants”, solicitada por la Universidad de Jiangsu (China), propone un método en que se utilizan helicópteros pequeños no tripulados para el monitoreo del campo y el control de desastres, que implica determinar la combinación óptima de parámetros de vuelo para aumentar el control y prevenir el daño por heladas en los cultivos. El helicóptero vuela sobre el cultivo con una altura de vuelo de 4 metros y un intervalo de vuelo de 20 minutos.

La patente [US8608439B2](#) “System for controlling operation of a crop protection wind machine array”, solicitada por Daryl Hill G. (Estados Unidos), describe un sistema de control para máquinas eólicas dispuestas en una matriz para la protección de cultivos contra eventos de heladas, que incluye un sistema operacional basado en computadora, provisto de conexión a Internet, al que puede acceder el usuario individual del sistema de control. Múltiples molinos de viento, ubicados cerca de los cultivos, pueden operarse a través del sistema operativo descrito en la invención. Su ventaja radica en que mejora el control del conjunto de molinos de viento, ya que los criterios para activar cada uno de ellos se pueden monitorear y modificar, cambiar remotamente o anular en un momento previo, para asegurar que cada molino de viento funcione solo cuando sea necesario, proporcionando mayor protección contra heladas, ahorro de combustible y disminución del desgaste de los equipos.



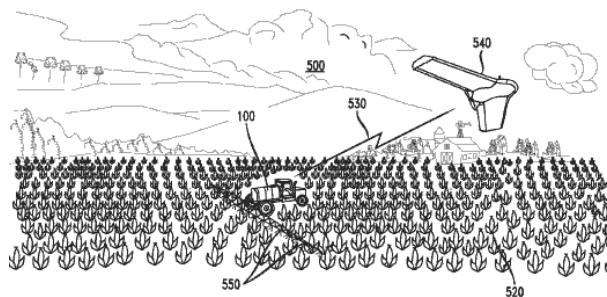
Otra área de desarrollo tecnológico ampliamente extendida en este ámbito corresponde a los sistemas y métodos para controlar, monitorear y automatizar invernaderos, considerando que estos cumplen funciones clave para proteger los cultivos contra eventos climáticos extremos. En este sentido, se destaca la patente [US9743591B2](#) “RFID-based plant tracking and data management system for a greenhouse”, solicitada por la empresa Dow Agrosciences LLC (Estados Unidos), que describe un método para rastrear la posición y el estado de las plantas o porciones de plantas en un invernadero. Su ventaja radica en que el método permite polinizar una planta con polen de otra planta que tiene una identificación asociada, por lo que requiere menores esfuerzos de transformación haciéndola más efectiva. Además mantiene una cadena de custodia para plantas o porciones de plantas.

La patente [US9730397B2](#) “Greenhouse and forced greenhouse climate control system and method”, solicitada por la empresa Houweling Nurseries Oxnard Inc. (Estados Unidos), que

describe un Invernadero que posee un sistema de distribución de aire con un conjunto de tubos con orificios para permitir la distribución uniforme del flujo de aire principal dentro de los tubos hacia una sección de cultivo. Otra tecnología de esta empresa en esta misma línea corresponde a la patente [US20130074399A1](#) “Closed-loop energy neutral air drying system”.

Otras tecnologías en esta línea corresponden a las patentes [US9468158B2](#) “Apparatus and method for controlling a greenhouse environment”, solicitada por la empresa Phaza Energy Ltd. (Israel), que describe un aparatos para controlar el ambiente en un invernadero mediante intercambiadores de calor que comprenden sistemas de ventiladores que conducen aire hacia/desde el invernadero a través del radiador respectivo para depositar/adquirir calor respectivamente. Y la patente [US8643495B2](#) “Internet of things based farm greenhouse monitor and alarm management system”, solicitada por Zehua Lan (China), que describe un monitor para invernadero y un sistema de gestión de alarmas basado en Internet de las cosas.

En relación con tecnologías para la gestión integral asociados con eventos climáticos potencialmente dañinos para los cultivos, se destaca la patente [US9745060B2](#) “Agricultural crop analysis drone”, solicitada por la empresa Topcon Positioning Systems Inc. (Estados Unidos), y que describe un método de agricultura inteligente que consiste en recolectar información específica de múltiples cultivos mediante un dron agrícola y transmitir la información recolectada en tiempo real, desde el dron hasta otros vehículos agrícolas en tierra. Una de sus aplicaciones es para el control de eventos climáticos como viento, lluvia, calor, debido a que recolecta y analiza información en tiempo real.

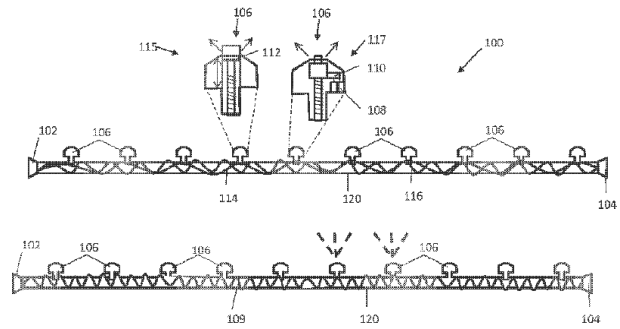


La patente [EP2716151A1](#) “A holding device for holding a weather-protection sheet in a rolled-up position”, solicitada por la empresa Frutop Srl. (Italia), describe un dispositivo para mantener una lámina de protección contra el clima, como por ejemplo una red, en una posición enrollada. El elemento de bloqueo en la posición de bloqueo puede habilitarse para evitar cualquier liberación involuntaria de la red de protección enrollada. También se puede utilizar en sistemas de protección contra granizo, lluvia, viento o sistemas de protección solar.

Tecnologías asociadas a especies priorizadas

En relación con las tecnologías identificadas en el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos, que hacen referencia a algunas de las especies priorizadas, se destaca la patente [US20170172076A1](#) “Autonomous mobile platform and variable rate irrigation method for preventing frost damage”, solicitada por IBM (Estados Unidos), que describe un método para dispensar agua, por ejemplo en cultivos de uvas, que implica la

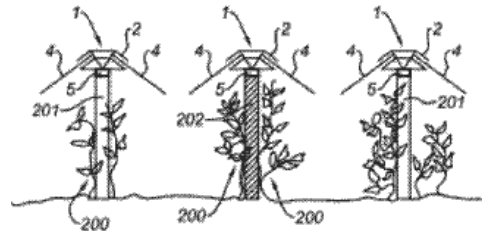
evaluación de datos de medición locales para determinar la cantidad y la forma de descarga de agua de acuerdo a las condiciones ambientales y la descarga de agua cuando se cumplen las condiciones del objetivo. El método permite que un sistema de aspersores distribuya el agua diferencialmente en función de la medición de un vehículo autónomo (rover)



que da cuenta de la variabilidad espacial en lugar de basarse en una medición única de estación de datos meteorológica fija. Se describe su uso para el control de heladas en cítricos y uvas, además de otras variedades de cultivos.

La patente [US20170064913A1](#) "Orchard climate control system", solicitada por la empresa S&W Ingenieria Agricola SpA. (Chile), describe un sistema de control de clima para su uso en el cultivo al aire árboles frutales y viñedos (entre otros), que posee una estructura de sombra aumentada con un sistema de infusión de vapor de agua e incluye un soporte perimetral de sombra que bordea el soporte de sombra interno. El sistema puede mantener un déficit de presión de vapor dentro de un cultivo para evitar el estrés por sequedad.

La patente [WO2016151235A1](#) "System for protecting plants", solicitada por Antonio Marques (Francia), describe un sistema de protección para proteger una hilera de plantas contra el granizo. Posee un elemento de protección para extender la hilera superior en cultivos de uvas, para cubrir parcialmente la hilera de vides, donde el dispositivo de control controla el despliegue y la retracción del elemento de protección.



3.6 Estimación de rendimiento y calidad de huertos.

3.6.1 Análisis de la producción científica

Para el período 2013-2018 se identificaron 691 publicaciones científicas, las cuales mostraron una distribución ligeramente creciente con pequeñas disminuciones en los años 2014 y 2017.

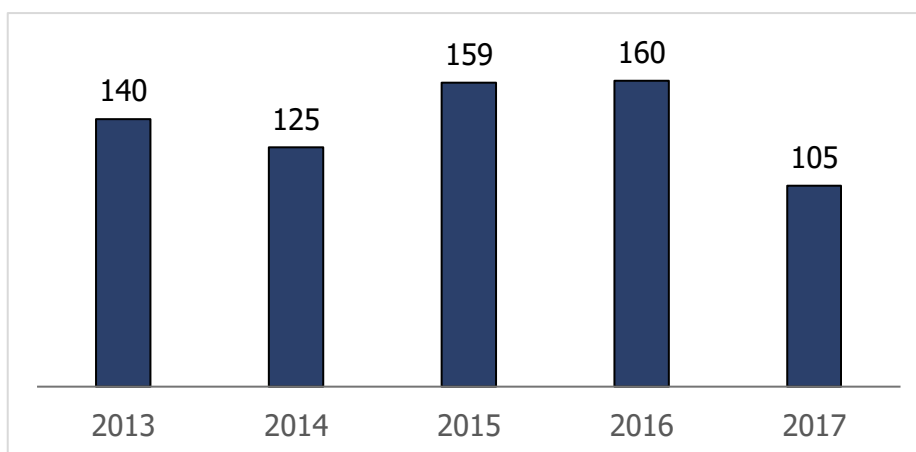


Figura 3.43 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.¹⁰

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.6.1.1 Países líderes

Como ha sido la tendencia perceptible en el análisis de las distintas líneas de interés, la producción científica vinculada a estimación de rendimiento y calidad de huerto, ha venido de la mano de 83 países, y es liderada por China y Estados Unidos. Con 59 publicaciones India se posiciona en el tercer lugar del ranking mundial.

¹⁰ Se omite el año 2018 por ser un año que se encuentra aún en curso, sin perjuicio de ellos se identificaron 2 publicaciones científicas.

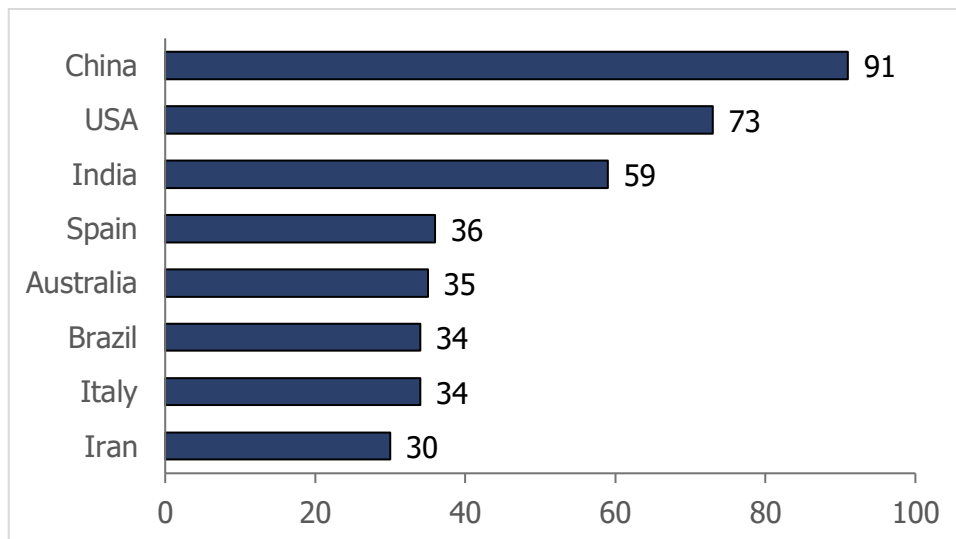


Figura 3.44 Países líderes con 30 o más publicaciones

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

En la figura anterior, Brasil aparece en el sexto lugar con 34 publicaciones, posicionándose como el líder de la Región Centro Sudamericana. Otros países vinculados a esta zona geográfica corresponden a México, Chile y Colombia.

3.6.1.2 Instituciones líderes

En correspondencia con el liderazgo de países, en la figura 3.45 se observa que la entidad líder corresponde a la China Agricultural University, con 15 publicaciones científicas en el período analizado.

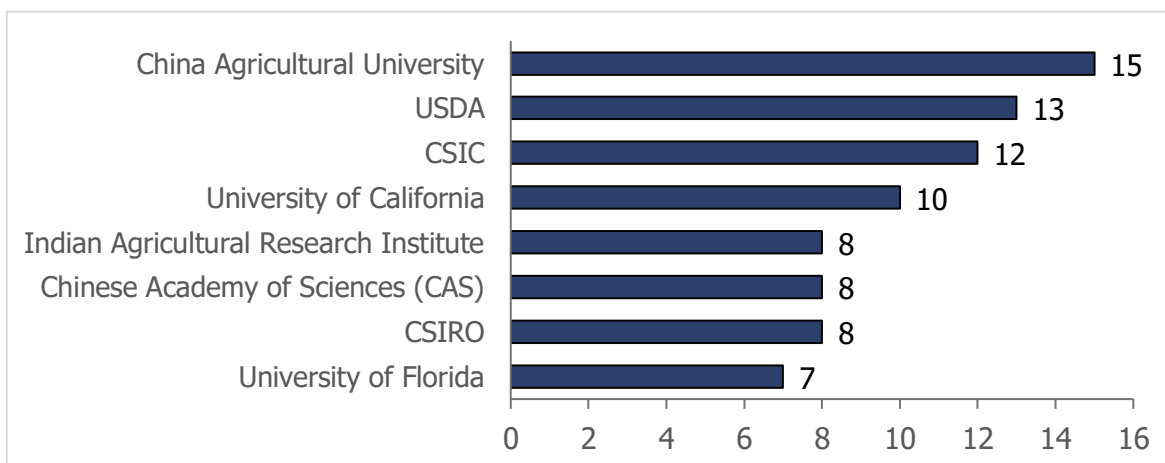


Figura 3.45 Instituciones líderes con 7 o más publicaciones

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

El tejido empresarial es menos destacado en productividad científica. No obstante existen algunas empresas con trabajos de investigación estrechamente relacionados con la estimación de rendimiento y calidad de huerto. Entre ellas se encuentran las siguientes:

- **Earth Resources Technology, Inc. (Estados Unidos)**

Empresa que proporciona análisis y modelos científicos, tecnología de la información y servicios de teledetección. Vinculada directamente con la línea de interés, ERT ha publicado el siguiente trabajo:



- Middleton, E. M., Zhang, Q. Y., Huemrich, K. F., Campbell, P. K. E., Corp, L. A., Cook, B. D., Kustas, W. P., Daughtry, C. S. (2013). *Integrating solar induced fluorescence and the photochemical reflectance index for estimating gross primary production in a cornfield.*

- **Ballance Agri-Nutrients Ltd. (Nueva Zelanda)**

La empresa fabrica y distribuye una amplia gama de productos tales como fosfato, azufre, fertilizantes granulares y productos hortícolas, además de fertilizantes de nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio. En términos de la investigación científica, la publicación identificada se refiere a los efectos de la fertilización con nitrógeno y como el control y gestión de la concentración de este en el tejido vegetal son importantes para garantizar un equilibrio entre un buen rendimiento y minimizar la disminución de la calidad. La publicación, corresponde a la siguiente:



- Guinto, D. F. (2016). *Nitrogen fertilisation effects on the quality of selected crops: a review.*

3.6.1.3 Áreas de Investigación

Para caracterizar las áreas de investigación predominantes, se realizó el análisis de las palabras clave de mayor prevalencia en las publicaciones científicas, en el periodo 2013 – 2018, lo cual se puede apreciar en la figura 3.46. En esta figura, se aprecia que las palabras clave predominantes corresponden a *Precision farming*, *Precision agricultura* y *Site specific crop management*, siendo este último un concepto de gestión agrícola basado en observar, medir y dar respuesta a la variabilidad en los cultivos, para lo cual se usan datos climáticos, de humedad y temperatura del suelo, entre otros. Poder medir estos parámetros involucra el uso de imágenes aéreas, GPS, sensores y modelos matemáticos, todo lo cual hará que la producción sea más eficiente



Figura 3.46 Descriptores con mayor frecuencia de aparición
 Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile, 2018.

En la línea de estimación de rendimiento y calidad de huerto, el análisis de temas incipientes arroja la publicación científica que se presentan a continuación:

- **Fusión de la detección ultrasónica con imágenes UAV**

Título	Regression kriging for improving crop height models fusing ultra-sonic sensing with UAV imagery
Autor(es)	Schirmann, M.; Hamdorf, A.; Giebel, A.; Gleiniger, F.; Pflanz, M.; Dammer, K. H.
Año Publicación	2017
Fuente	Remote Sensing

A crop height model (CHM) can be an important element of the decision making process in agriculture, because it relates well with many agronomic parameters, e.g., crop height, plant biomass or crop yield. Today, CHMs can be inexpensively obtained from overlapping imagery captured from unmanned aerial vehicle (UAV) platforms or from proximal sensors attached to ground-based vehicles used for regular management. Both approaches have their limitations and combining them with a data fusion may overcome some of these limitations. Therefore, the objective of this study was to investigate if regression kriging, as a geostatistical data fusion approach, can be used to improve the interpolation of ground-based ultrasonic measurements with UAV imagery as covariate. Regression kriging might be suitable because we have a sparse data set (ultrasound) and an exhaustive data set (UAV) and both data sets have favorable properties for geostatistical analysis. To confirm this, we conducted four missions in two different fields in total, where we collected UAV imagery and ultrasonic data alongside. From the overlapping UAV images, surface models and ortho-images were generated with photogrammetric processing. The maps generated by regression kriging were of much higher detail than the smooth maps generated by ordinary kriging, because regression kriging ensures that for each prediction point information from the UAV, imagery is given. The relationship with crop height, fresh biomass and, to a lesser extent, with crop yield, was stronger using CHMs generated by regression kriging than by ordinary kriging. The use of UAV data from the prior mission was also of benefit and could improve map accuracy and quality. Thus, regression kriging is a flexible approach for the integration of UAV imagery with ground-based sensor data, with benefits for precision agriculture-oriented farmers and agricultural service providers.

3.6.1.4 Investigaciones asociadas a especies priorizadas

Dentro de las publicaciones identificadas para la línea de estimación de rendimiento y calidad de huerto, se han identificado 12 investigaciones vinculadas a especies priorizadas.

- **Cultivos de uva**

Título	A high-definition image comparison system for growth information extraction
Autor(es)	Kobayashi, K.; Saito, Y.
Año Publicación	2013
Fuente	Agricultural Information Research

We developed a high-definition image comparison system to extract information about crop growing conditions. Physiological and environmental data are important for increasing yields. However, it is burdensome for farmers to collect such data every day. Against this backdrop, we developed a monitoring system to automatically collect high-definition crop images, which can then be viewed on a specialized Web-based image viewer and a synchronous viewpoint image viewer. Users can easily observe detailed images over the Internet and find differences among them by using the two viewers. Moreover, they can add comments on an image for other users to view. The results of the observation of apples and grapes suggested that the proposed system provide an efficient way to extract information for identifying the growth stages of crops.

Título	Automated visual yield estimation in vineyards
Autor(es)	Nuske, S.; Wilshusen, K.; Achar, S.; Yoder, L.; Singh, S.
Año Publicación	2014
Fuente	Journal of Field Robotics

We present a vision system that automatically predicts yield in vineyards accurately and with high resolution. Yield estimation traditionally requires tedious hand measurement, which is destructive, sparse in sampling, and inaccurate. Our method is efficient, high-resolution, and it is the first such system evaluated in realistic experimentation over several years and hundreds of vines spread over several acres of different vineyards. Other existing research is limited to small test sets of 10 vines or less, or just isolated grape clusters, with tightly controlled image acquisition and with artificially induced yield distributions. The system incorporates cameras and illumination mounted on a vehicle driving through the vineyard. We process images by exploiting the three prominent visual cues of texture, color, and shape into a strong classifier that detects berries even when they are of similar color to the vine leaves. We introduce methods to maximize the spatial and the overall accuracy of the yield estimates by optimizing the relationship between image measurements and yield. Our experimentation is conducted over four growing seasons in several wine and table-grape vineyards. These are the first such results from experimentation that is sufficiently sized for fair evaluation against true yield variation and real-world imaging conditions from a moving vehicle. Analysis of the results demonstrates yield estimates that capture up to 75% of spatial yield variance and with an average error between 3% and 11% of total yield.

Título	Image analysis-based modelling for flower number estimation in grapevine
Autor(es)	Millan, B.; Aquino, A.; Diago, M. P.; Tardaguila, J.
Año Publicación	2017
Fuente	Journal of the Science of Food and Agriculture

BACKGROUND: Grapevine flower number per inflorescence provides valuable information that can be used for assessing yield. Considerable research has been conducted at developing a technological tool, based on image analysis and predictive modelling. However, the behaviour of variety-independent predictive models and yield prediction capabilities on a wide set of varieties has never been evaluated. **RESULTS:** Inflorescence images from 11 grapevine *Vitis vinifera* L. varieties were acquired under field conditions. The flower number per inflorescence and the flower number visible in the images were calculated manually, and automatically using an image analysis algorithm. These datasets were used to calibrate and evaluate the behaviour of two linear (single-variable and multivariable) and a nonlinear variety-independent model. As a result, the integrated tool composed of the image analysis algorithm and the nonlinear approach showed the highest performance and robustness (RPD=8.32, RMSE=37.1). The yield estimation capabilities of the flower number in conjunction with fruit set rate ($R^2=0.79$) and average berry weight ($R^2=0.91$) were also tested. **CONCLUSION:** This study proves the accuracy of flower number per inflorescence estimation using an image analysis algorithm and a nonlinear model that is generally applicable to different grapevine varieties. This provides a fast, non-invasive and reliable tool for estimation of yield at harvest.

Título	Evaluation of a commercial grape yield monitor for use mid-season and at-harvest
Autor(es)	Taylor, J. A.; Sánchez, L.; Sams, B.M; Haggerty, L.; Jakubowski, R.; Djafour, S.; Bates, T. R.
Año Publicación	2016
Fuente	Journal International des Sciences de la Vigne et du Vi

Aims: Yield monitors are becoming more common in North America. This research evaluates the precision and accuracy of a retro-fitted, commercially available grape yield monitor mid-season, for crop estimation and crop thinning applications, and at harvest for yield mapping. **Methods and Results:** Several grape yield monitors were mounted on the discharge conveyor belt of grape harvesters in both commercial and research vineyards in North America. Sensor response was compared to manual measurements at multiple masses, ranging from 20 kg to 28 Mg over the course of three seasons. Measurements were taken during crop thinning and estimation (mid-season) and at harvest. Results showed that the grape yield monitor performance was sufficient to generate good spatial maps of the relative variation in harvest yield and mid-season thinned yield. However, at harvest the sensor showed a shift in response between days of up to $\pm 15\%$, such that the generation of absolute yield maps required a daily calibration against a known mass. Within a day (single harvest operation) the sensor response did not appear to drift. Mid-season applications required a different calibration to harvest applications. **Conclusion:** The yield sensor worked well for both mid-season and at harvest operations in North American vineyards but required a daily calibration to avoid drift issues. The mid-season yield calibrations were different between seasons; however, the harvest calibration factor was stable between seasons. **Significance and Impact of study:** The study showed that a commercial yield monitor with correct calibration was effective at even low fruit flow. This opens the possibility of using a harvest sensor

mid-season to mechanically estimate fruit load from small point samples and to map the amount of fruit removed during fruit thinning operations. This will improve the quality of information available to viticulturist to understand fruit and crop load. The commercial yield monitor is suitable for use in North American vineyards.

- **Nueces**

Título	Multiple regression and path analysis between agronomic characteristics and yield in laterally fruitful individual walnut
Autor(es)	Zhao, B. J.; Gong, Y. H.; Liu, F.
Año Publicación	2014
Fuente	Acta Horticulturae

A study was conducted to compare the relations between tree characteristics such as tree height (X1), tree stem diameter (X2), vertical projection area of a tree crown (X3), branching ability (X4), blooming shoot percentage (X5), the percentage of fruiting shoot (X6), lateral bearing percentage (X7), the average nuts number per fruiting shoot (X8), the average length of fruiting shoot (X9), the average diameter of fruiting shoot (X10), the average mixed buds per fruiting shoot (X11), average nut weight (X12) and yield (Y) of 27 selected laterally fruitful individual walnut trees. The correlation coefficients amongst the yield and its influencing factors were obtained according to the original datum. There was very positive significant correlation between Y and X3, positive significance between Y and X6, Y and X8. The optimal multiple linear regression equation was obtained after stepwise regression analysis adopting software of DPS: $Y = -4.4299 + 0.1718X3 + 0.0220X6 + 1.5689X8 + 0.1513X12$. The four factors which are the average nuts number per fruiting shoot, vertical projection area of a crown, the percentage of fruiting shoot and average nut weight are the main characteristics which affect a single tree yield dramatically. Contribution for yield of the main four factors was illustrated by path analysis. The main yield influencing factors are in order $X8 > X3 > X6 > X12$ and the direct path coefficient is 0.60, 0.55, 0.47, 0.39 respectively.

Título	Planning and controlling of hazelnut production areas with the remote sensing techniques.
Autor(es)	Sener, M.; Altntas, B.; Kurc, H. C.
Año Publicación	2013
Fuente	N/D

Sakarya, along the Black Sea, spreads on 483.500 ha area and it has significant resources, not only in agricultural areas (especially hazelnuts production) but also in forest resources. Changes in life styles, study area have been enforced major changes, particularly in Hazelnut production areas. In order to compensate the suffering of producer due to irregular supply and demand and reduce the load on government due to over purchasing, production should be kept under control by monitoring land use/cover. Uses of traditional methods to investigate land use/cover characteristics are highly time consuming and expensive, which are not in fact necessary. For this reason, as in many areas, using satellite images in the investigation of the land characteristics is preferable. In this study, land use/land cover of Sakarya province was detected using Landsat image. Supervised classification was performed with using maximum likelihood algorithm. In the

end of the study, six classes, 87.374 ha for hazelnut production, 168.801 ha for agriculture, 179.627 ha for forest 1, 22.226 ha for forest 2, 1.497 ha for special products and 18.312 ha for water site, were detected respectively. The overall accuracy and kappa coefficient were calculated as 86% and 0.81% respectively. The results showed that 47.263 ha area was suitable and allowable for hazelnut production according to Hazelnut Law and Regulations whereas presently hazelnut grown area is about 87.374 ha, which means that in 40.111 ha unsuitable area hazelnut is produced illegally.

- **Cítricos**

Título	Citrus yield estimation based on images processed by an Android mobile phone
Autor(es)	Gong AiPing; Yu JunLin; He Yong; Qiu ZhenJun
Año Publicación	2013
Fuente	Biosystems Engineering

The advanced electronic technology makes the mobile phone suitable for citrus yield estimation with image processing techniques. This article proposes a new method to estimate the yield of citrus two weeks ahead of the harvesting season for an individual tree via image processing using an Android mobile phone (AMP). The procedure is essentially fruit-counting algorithm software developed in Java that uses AMP touch panel monitor to estimate citrus yield. The target photos were taken in natural conditions by the AMP. The image processing was used to choose colour, segment image, generate binarisation image, remove noise, and estimate fruit number. A modified 8-connectedness chain code to estimate the number of clustered citrus was introduced. The performance of the fruit-counting algorithm software was validated with 40 samples of citrus trees and the method achieved good precision and recognition ratio of 90%. The results indicated that the approach could be utilised to estimate the fruit yield of an individual tree which is valuable information to forecast yields, plan harvest schedules and generate prescription maps for site-specific management practices on an individual tree basis within the grove. Aided by the proposed approach, one can estimate the citrus yield without expensive equipment.

Título	Real-time identification and picking point localization of disturbance Citrus picking
Autor(es)	Xiong JunTao;; Zou XiangJun; Peng HongXing; Chen WenGuang;- Lin GuiChao
Año Publicación	2014
Fuente	Nongye Jixie Xuebao = Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery

The visual identification technology of mature citrus fruits in the condition of disturbance had been studied. Firstly, analyzing disturbed citrus in ANSYS, so as to confirm the law of motion was the simple pendulum movement. Secondly, processing video image of the disturbed citrus, by using the improved K-means clustering method combined with Hough circle transform method to segment fruits. According to the image segmentation result, fitting the binary citrus image using Hough line method. With constraint of straight slope between -0.45-0.45, disturbed citrus' picking positions were determined ultimately. Test results show that this method could identify the disturbed citrus effectively in the natural environment, and the recognition rate of picking position was 85%, with processing time within 7.58 s to 9.24 s. The study provides the theoretical foundation and technical support for the visual localization of disturbed fruits.

Título	Automatic green fruit counting in orange trees using digital images
Autor(es)	Maldonado, W., Jr.; Barbosa, J. C.
Año Publicación	2016
Fuente	Computers and Electronics in Agriculture

Yield estimation is an important factor in a production process planning. In the case of citrus crops, can be useful in industrial management and as guidance for farmers, showing a decisive role in the product market strategies and cultivation practices. Several techniques are being studied for estimating citrus crop yield. On the basis of the known correlation between the number of visible fruits in a digital image and the total of fruits present in an orange tree, we developed a method for green fruit feature extraction with a combination of the techniques of color model conversion, thresholding, histogram equalization, spatial filtering with Laplace and Sobel operators and Gaussian blur. In addition, we built and tested an algorithm to recognize and count them, with detection rates of false-positives of 3% in images acquired in good conditions. It is possible to estimate the mean number of visible fruits in the trees within a tolerated error of 5% with up to 46 images and taking approximately 8 min without any human interaction.

Título	Determining machine efficiency parameters for a Citrus canopy shaker using yield monitor data
Autor(es)	Shamshiri, R.; Ehsani, R.;- Maja, J. M.; Roka, F. M.;
Año Publicación	2013
Fuente	Applied Engineering in Agriculture

A yield monitoring system was used to collect yield data from a commercial citrus canopy shaker during the 2008 harvesting season. A computer algorithm was developed to preprocess the yield data before estimating field efficiency (Ef) and field machine index (FMI) measures of the mechanical harvesting equipment. Total time of the harvesting operation was calculated and divided into primary and support functions, which corresponded to the effective harvesting time and machine time losses, respectively. Time losses related to row-end turning were determined using an algorithm based on linear regression and geometrical methods. Each component of the harvesting operation was then expressed as a percentage of total field time. It was observed that FMI varied from 80% to 98% with 4% standard deviation. Turning time varied from 3% to 8% of the total operational time. Further data analysis showed an exponential relationship between FMI and row-end turning time with $R^2=0.97$. It was also observed that the actual travel distance and the effective time of operation have linear relationships with the theoretical distance of operation with $R^2=0.96$ and 0.93 , respectively.

Título	Identification and determination of the number of immature green Citrus fruit in a canopy under different ambient light conditions
Autor(es)	Sengupta, S.; Lee, W. S.
Año Publicación	2014
Fuente	Biosystems Engineering

Yield mapping for tree crops by mechanical harvesting requires automatic detection and counting of fruits in tree canopy. However, partial occlusion, shape irregularity, varying illumination, multiple sizes and similarity with the background make fruit identification a very difficult task to achieve. Therefore, immature green citrus-fruit detection within a green canopy is a challenging task due

to all the above-mentioned problems. A novel algorithmic technique was used to detect immature green citrus fruit in tree canopy under natural outdoor conditions. Shape analysis and texture classification were two integral parts of the algorithm. Shape analysis was conducted to detect as many fruits as possible. Texture classification by a support vector machine (SVM), Canny edge detection combined with a graph-based connected component algorithm and Hough line detection, were used to remove false positives. Next, keypoints were detected using a scale invariant feature transform (SIFT) algorithm and to further remove false positives. A majority voting scheme was implemented to make the algorithm more robust. The algorithm was able to accurately detect and count 80.4% of citrus fruit in a validation set of images acquired from a citrus grove under natural outdoor conditions. The algorithm could be further improved to provide growers early yield estimation so that growers can manage grove more efficiently on a site-specific basis to increase yield and profit.

Título	Immature green Citrus fruit detection and counting based on fast normalized cross correlation (FNCC) using natural outdoor colour images
Autor(es)	Li Han; Lee WonSuk; Wang Ku
Año Publicación	2016
Fuente	Precision Agriculture

A fast normalized cross correlation (FNCC) based machine vision algorithm was proposed in this study to develop a method for detecting and counting immature green citrus fruit using outdoor colour images toward the development of an early yield mapping system. As a template matching method, FNCC was used to detect potential fruit areas in the image, which was the very basis for subsequent false positive removal. Multiple features, including colour, shape and texture features, were combined in this algorithm to remove false positives. Circular Hough transform (CHT) was used to detect circles from images after background removal based on colour components. After building disks centred in centroids resulted from both FNCC and CHT, the detection results were merged based on the size and Euclidian distance of the intersection areas of the disks from these two methods. Finally, the number of fruit was determined after false positive removal using texture features. For a validation dataset of 59 images, 84.4% of the fruits were successfully detected, which indicated the potential of the proposed method toward the development of an early yield mapping system.

3.6.2 Análisis de la producción tecnológica

A partir de 221 documentos de patentes identificados, se observa que el nivel de patentamiento en el ámbito Estimación de rendimiento y calidad de huertos, muestra una tendencia al alza en los últimos 5 años, con un crecimiento de 270% en el período 2013 - 2018. Si bien en el año 2015 se observa un leve retroceso, la tendencia de largo plazo muestra que este ámbito es uno de los que más ha crecido en términos de producción de nuevas tecnologías.

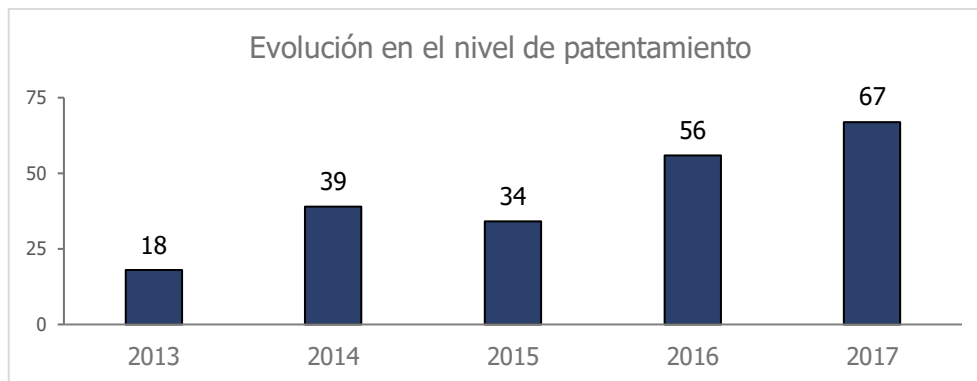


Figura 3.47 Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Estimación de rendimiento y calidad de huertos, en el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

Este crecimiento se debe principalmente a un aumento sostenido en la cantidad de nuevas solicitudes de patentes, las que han crecido más de un 400% entre 2013 y 2018, mientras que la cantidad de patentes concedidas se ha mantenido relativamente estable, tal como se observa en la siguiente figura.

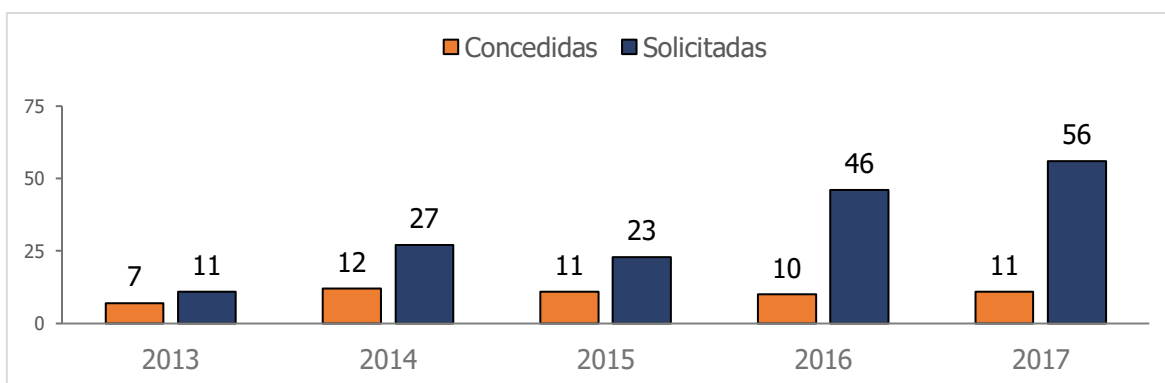


Figura 3.48 Evolución en el nivel de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Estimación de rendimiento y calidad de huertos, en el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.6.2.1 Países líderes

Estados Unidos lidera el desarrollo de nuevas tecnologías en este ámbito, concentrando el 77% del total de documentos de patentes identificados entre 2013 y 2018. Otros países con presencia en la producción de nuevas tecnologías asociadas con la estimación de rendimiento y calidad de huertos son Israel, China y Suiza.



Figura 3.49 Países líderes en patentamiento en el ámbito Estimación de rendimiento y calidad de huertos, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.6.2.2 Instituciones líderes

En relación con las instituciones líderes en patentamiento, se destaca a las empresas Trimble Navigation Ltd. (Estados Unidos) con 15 documentos de patentes en el período 2013 - 2018. Le siguen las empresas Precision Planting LLC y Deere & Co., ambas de Estados Unidos, con 14 y 12 documentos de patentes respectivamente.

Otras empresas destacadas dentro de las instituciones líderes en patentamiento corresponden a CNH Industria (Italia), Agerpoint Inc. (Estados Unidos) y Dawn Equipment Company (Estados Unidos). La siguiente figura muestra el listado con las empresas líderes en patentamiento para este ámbito en el período 2013 - 2018.

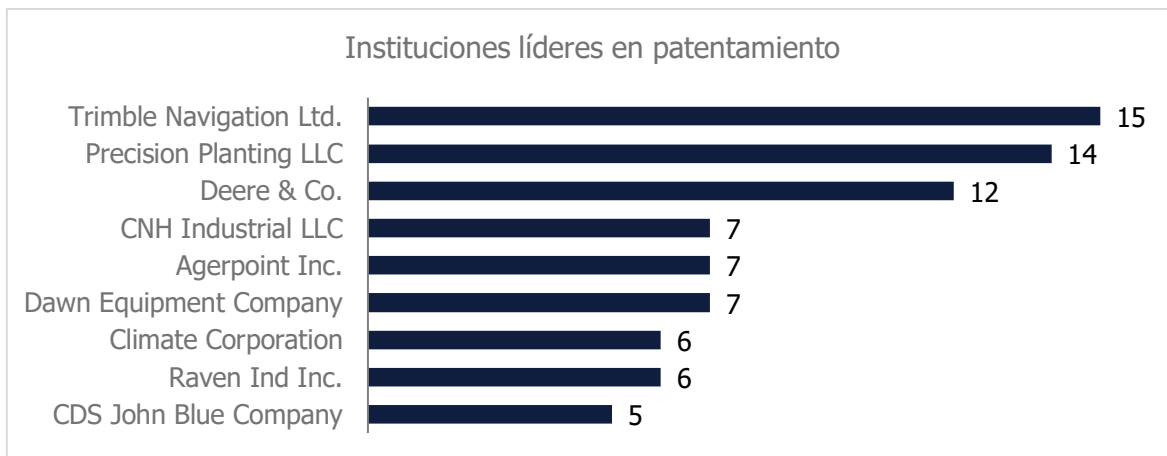


Figura 3.50 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Estimación de rendimiento y calidad de huertos, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.6.2.3 Áreas tecnológicas más patentadas

La tabla 3.6 contiene el listado de los códigos CIP más patentados entre los años 2013 y 2018 para el ámbito Estimación de rendimiento y calidad de huertos, junto con la descripción de cada uno de ellos. Además, se indica la frecuencia de aparición, es decir, la cantidad de documentos de patentes que contienen dicho código en relación a los 221 documentos de patentes identificados en este ámbito.

Tabla 3.6 Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Estimación de rendimiento y calidad de huertos, en el período 2013-2018.

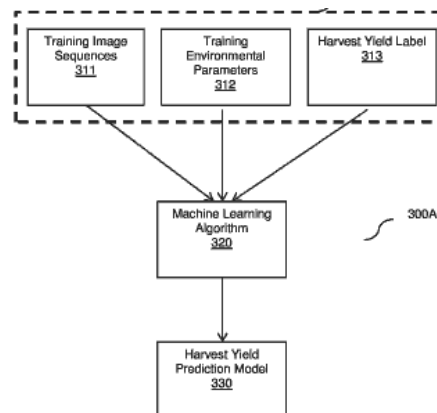
Código CIP	Descripción	Cantidad de patentes
G06Q005002	Sistemas o métodos especialmente adaptados para un sector de negocios específico. Agricultura.	29
A01D0041127	Disposiciones para el control o medida adaptados especialmente para cosechadoras-trilladoras.	28
G06Q001006	Planificación empresarial; Modelos de organización.	25
G06K000900	Métodos o disposiciones para la lectura o el reconocimiento de caracteres impresos o escritos o el reconocimiento de formas.	22
A01G002516	Control del riego	15
G01N003300	Investigación o análisis de materiales por métodos específicos	12
A01B007900	Métodos para trabajar la tierra.	11
A01C002100	Métodos de fertilización.	11
G06T000700	Análisis de imagen, p. ej., desde un mapeado binario para obtener un mapeado no binario.	11
G05B001502	Sistemas controlados por un computador. Eléctricos.	8

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

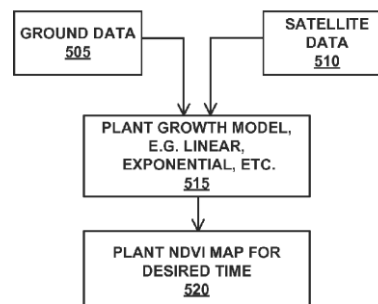
Tecnologías asociadas a los códigos CIP más patentados

Con respecto a las tecnologías que se clasifican en los códigos CIP más patentados en el ámbito Estimación de rendimiento y calidad de huertos, para el período 2013 - 2018, se destaca la patente [US9686914B2](#) “Yield monitoring apparatus, systems, and methods”, solicitada por la empresa Precision Planting Llc (Estados Unidos), donde se describe un aparato para monitorear el caudal de masa del grano cosechado en una cosechadora. El aparato tiene un sensor para medir el desplazamiento de una superficie del sensor en contacto con el grano cosechado, estimando de esta forma el rendimiento por unidad de superficie cosechada. En la patente [US9686913B2](#) “System and method for automatically updating estimated yield values”, solicitada por la empresa CNH Industrial Llc. (Italia), se propone un sistema para corregir automáticamente los valores de rendimiento de un sistema de control de rendimiento para un vehículo de cosecha. Y la patente [US9642309B2](#) “Yield monitoring system”, solicitada por la empresa Oxbo International Corporation (Estados Unidos), que describe un sistema de control y monitoreo de rendimiento para ser incorporado a una máquina cosechadora (equipo).

En relación con tecnologías que involucran el uso de algoritmos para estimar el rendimiento de cultivos, se destaca la patente [US20170161560A1](#) “System and method for harvest yield prediction”, solicitada por la compañía Prospera Tech Ltd. (Israel), se describe un método para predecir el rendimiento de cosecha utilizando un sistema de monitoreo agrícola. El sistema implica recibir los datos de monitoreo relacionados con un cultivo, donde los datos de monitoreo del cultivo se muestran mediante contenido multimedia, para luego, el contenido multimedia sea analizado a través de una herramienta de visión artificial (machine visión). El método implica recibir los datos de monitoreo relacionados con un cultivo y permite predecir el rendimiento del cultivo con precisión, garantizando una mejor identificación de los posibles problemas de crecimiento.

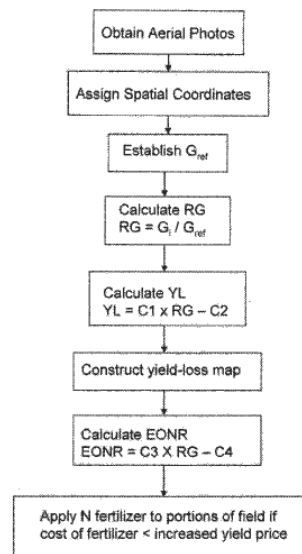


La patente [US9058633B2](#) “Wide-area agricultural monitoring and prediction”, solicitada por la empresa Trimble Navigation Limited (Estados Unidos), describe un sistema de monitoreo y predicción agrícola que posee un procesador que accede a una base de datos y utiliza datos terrestres para calibrar datos aéreos y sintetizar mediciones absolutas de la métrica agrícola para el área geográfica a partir de datos aéreos. Las mediciones de crecimiento precisas ahorran dinero a los agricultores y evitan la contaminación al reducir la necesidad de una aplicación excesiva de químicos. Los datos calibrados resultantes proporcionan al agricultor estimaciones más precisas de las necesidades químicas futuras y reducen la incertidumbre del rendimiento de los cultivos.



Mientras que la patente [US8671006B2](#) “System and method for managing and predicting crop performance”, solicitada por la empresa New Zealand Institute For Plant And Food Research Limited (Nueva Zelanda), describe un sistema y método para gestionar y predecir el rendimiento de los cultivos.

En relación con sistemas para estimar la calidad de los cultivos, se destaca la patente [US9652691B2](#) “Method of predicting crop yield loss due to N-deficiency”, solicitada por The Curators of the University of Missouri (Estados Unidos), que describe un método para determinar la pérdida de rendimiento del cultivo debido a la deficiencia de nitrógeno en los campos de cultivo. El método implica seleccionar un color de referencia para el campo que representa el valor de las plantas de cultivo con suficiente nitrógeno. El valor de color relativo de píxel o polígono se calcula a partir de imágenes de teledetección. La pérdida de rendimiento del píxel o polígono se estima a partir del valor de color relativo utilizando una relación matemática determinada empíricamente entre las dos cantidades. Se presenta el resumen de las estimaciones de pérdida de rendimiento para el campo.



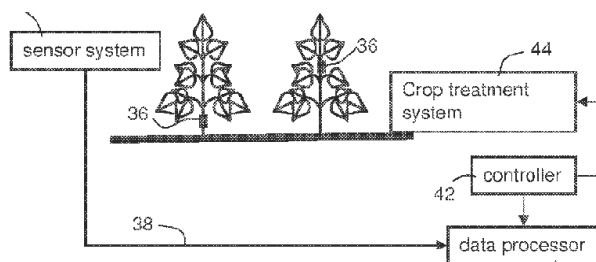
La patente [US20160117783A1](#) “Method and system for integrated crop quality management and crop certification”, solicitada por la empresa Tata Consultancy Services Ltd. (India), describe un método y sistema para la gestión integrada de calidad de cultivos y la certificación de cultivos, que consiste en seleccionar un área geográfica para cultivar, asistiendo automáticamente a un usuario para seleccionar una certificación de cultivo del área geográfica seleccionada, generando un protocolo de cultivo personalizado y un calendario de capacitación.

Otras tecnologías de interés asociadas con la estimación y monitoreo de la calidad de los cultivos corresponden a las patentes [US9866768B1](#) “Computer vision qualified infrared temperature sensor”, solicitada por el US Agriculture (Estados Unidos), la patente [US9723784B2](#) “Crop quality sensor based on specular reflectance”, solicitada por la empresa Appareo Systems, Llc (Estados Unidos) y la patente [US9652840B1](#) “System and method for remote nitrogen monitoring and prescription”, solicitada por la empresa AgriSight, Inc. (Estados Unidos).

Tecnologías asociadas a especies priorizadas

En relación con las tecnologías identificadas en el ámbito Estimación de rendimiento y calidad de huertos, que hacen referencia a algunas de las especies priorizadas, se destaca la patente [US20170176595A1](#) “Modular systems and methods for determining crop yields with high resolution geo-referenced sensors”, solicitada por la empresa Agerpoint Inc. (Estados Unidos), donde se describe un sistema modular para realizar monitoreo de rendimiento en tiempo real mediante la fusión de diversos sensores. Posee representaciones de nubes de puntos tridimensionales georreferenciados de cada planta, y mediciones de volumen de referencia geográfica con posición geodésica actualizada. Su aplicación se describe para cultivos de nueces y uvas, además de otros tipos de cultivos pequeños.

La patente [US20160309659A1](#) “Method and system for treating crop according to predicted yield”, solicitada por la empresa Phytech Ltd. (Israel), describe un método para gestionar el tratamiento de cultivos, por ejemplo almendras y nueces, que implica la comparación de una función calculada del estado de la planta con la línea de base del estado de la planta, correspondiente al rendimiento predicho o el cambio de rendimiento, y el sistema operativo de tratamiento de cultivos en respuesta a esa comparación. Otra tecnología de la misma empresa, descrita en la patente [WO2013181558A1](#) “Systems and methods for monitoring agricultural products”, propone un sistema de control y monitoreo de productos agrícolas con aplicación en árboles frutales.



3.7 Mecanización de labores agrícolas

La mecanización de labores agrícolas consiste en incorporar maquinaria y equipos de uso agrícola con el fin de acelerar la productividad y eficiencia de las actividades del sector. Desde este punto de vista, la mecanización contribuye a aumentar la productividad de la tierra y crear oportunidades que alivian la escasez de mano de obra, entre otros.

En este ámbito, a continuación se describen los principales resultados del panorama científico - tecnológico mundial

3.7.1 Análisis de la producción científica

En términos de la producción científica, se identificaron un total de 665 publicaciones en el período 2013-2018, las cuales se distribuyen de manera uniforme entre 2013 y 2015 con un promedio de 125 publicaciones anuales, presentando una importante alza durante el año 2016, que alcanzó las 171 publicaciones.

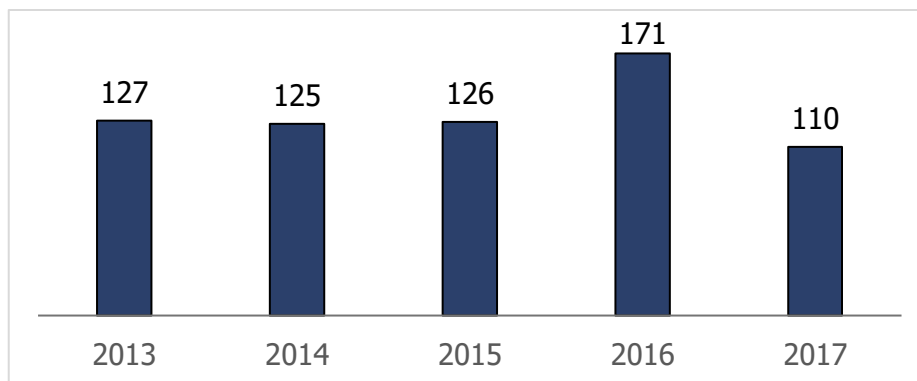


Figura 3.51 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.¹¹
 Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.7.1.1 Países líderes

La producción científica vinculada a la mecanización de labores agrícolas ha venido de la mano de 76 países, siendo China el líder mundial con 116 publicaciones en el período 2013-2018 (ver figura 3.54). En este ranking Brasil presenta una excelente posición a nivel mundial con 44 publicaciones, donde destacan publicaciones tales como:

- *Software development to calculate the power requirement of agricultural machinery and implements.*
- *Mathematical modeling to select mechanized agricultural systems by the lowest operational cost.*
- *Analytical evaluation of the protection offered by sealed tractor cabins during crop pulverization with fenitrothion.*
- *Analysis of vibration levels in agricultural tractor with and without cabin.*

¹¹ Se omite de la gráfica el año 2018 por ser un año que se encuentra aún en curso, y donde no se han identificado y publicado publicaciones.

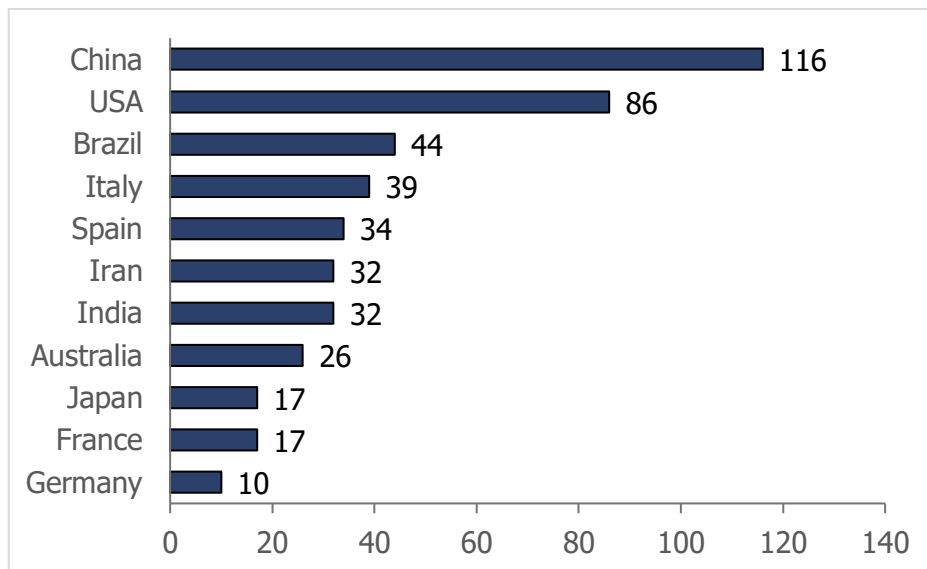


Figura 3.52 Países líderes con 10 o más publicaciones
 Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.7.1.2 Instituciones líderes

En correspondencia con el liderazgo de países, en la figura 3.53 se observa que la entidad líder corresponde a la **China Agricultural University**, con 19 publicaciones.

La **China Agricultural University** es una entidad académica con vasta experiencia, especializada en agricultura, biología, ingeniería, medicina veterinaria, economía, gestión, humanidades y ciencias sociales. En el ámbito de interés resaltan trabajos vinculados a maquinaria agrícola, automatización y control. Como ejemplo de esto último se encuentran la publicación **Universal autopilot system of tractor based on Raspberry Pi** (2015), en la cual se describe un proyecto piloto para dotar a un tractor de conducción automática, donde Raspberry Pi se usa como unidad de control electrónico y TCP / IP como protocolo de comunicación. Además se utilizan sensores de distancia entre otros componentes, tales como controladores inalámbrico Xbox o SAFAR (arquitectura de software para robot agrícola), para recibir los comandos de control. Dentro del desarrollo piloto, el tractor John Deere X534 se transformó en un tractor automático, mostraron que el sistema es estable y confiable.

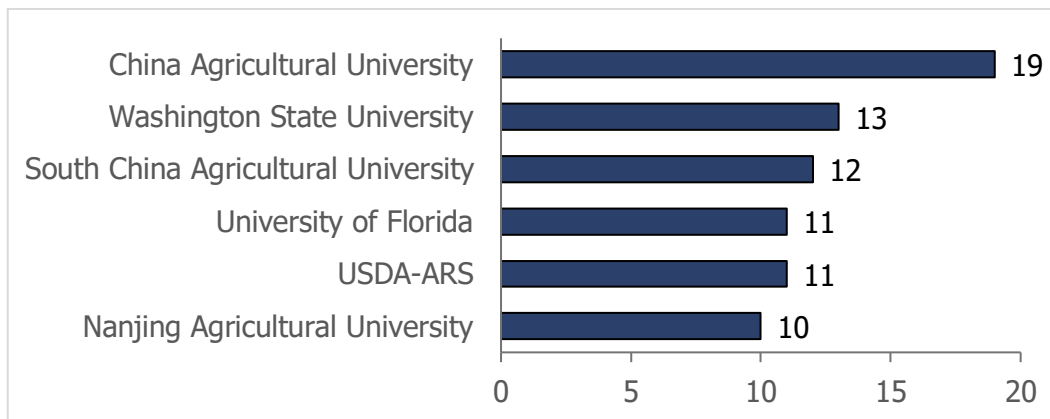


Figura 3.53 Instituciones líderes con 2 o más publicaciones
 Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.7.1.3 Áreas de Investigación

En términos de las áreas de investigación predominantes, el análisis de las palabras clave con mayor aparición en las publicaciones científicas, en el periodo 2013 – 2018, muestra que estas corresponden a *Automation and Control*, *Agricultural and Forestry Equipment*, *Farm machinery*, *Fruits* y *Precision agricultura*. Este conjunto de palabras muestra la pertinencia temática de los resultados analizados. Ahora bien, quitadas estas palabras del análisis, se puede apreciar en la figura 3.54, que aparecen conceptos vinculados a *robots*, *tractores* y *monitoreo remoto*, entre otros, y que además estos se vinculan principalmente con procesos de cosecha y poda.



Figura 3.54 Descriptores con mayor frecuencia de aparición
 Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile, 2018.

Dentro de los análisis de las palabras clave, una baja frecuencia de aparición podría ser un tema emergente y representar áreas de trabajo futuro para determinados grupos de investigación, siendo aconsejable identificarlos ante una posible consolidación en el tiempo. En la línea de mecanización de labores agrícolas, el análisis de temas incipientes arroja los resultados que se presentan a continuación:

- **Tractores robóticos**

Título	Reducing air pollution with hybrid-powered robotic tractors for precision agriculture.
Autor(es)	Gonzalez-de-Soto, M.; Emmi, L.; Benavides, C.; Garcia, I.; Gonzalez-de-Santos, P.
Año Publicación	2016
Fuente	Biosystems Engineering

A hybrid energy system used in robotic tractors for precision weed and pest control in agriculture is evaluated and its exhaust emissions compared with the use of an internal combustion engine as a single power source. The agricultural implements require power for hydraulic pumps and fans which, initially, was provided by a power take-off system (PTO), wasting a lot of energy. The objectives of this work were to design and assess a hybrid energy system including the removal of the alternators from the tractor and the modification of the agricultural implements to replace the PTO power with electric power, using small pumps and small fans. These changes improved energy use and reduced the atmospheric pollution emission from the internal combustion engine. The hybrid energy system used the original combustion engine of the tractor in combination with a new electrical energy system, which consisted of a hydrogen fuel cell. An analysis of the exhaust gases using the internal combustion engine as the single power source and using the hybrid energy system was carried out to compare the results

- **Método de golpe biónico para triturar cáscara de nuez**

Título	Design and experiment of bionic-impact type pecan shell breaker.
Autor(es)	Ding Ran; Cao ChengMaoM Zhan Chao; Lou ShuaiShuai; Sun Si
Año Publicación	2017
Fuente	Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering

At present, extruding crack and centrifugal shell-breaking methods are adopted as the main strategies for pecan shell-breaking equipment. But the low production rate is hard to be improved. Meanwhile, the bad processing quality will affect the further processing, which restricts the development of the pecan processing industry. To solve such problems, this study proposed a bionic knock method, which imitated the artificial processing to shell pecan, and developed a bionic knock type shell breaker. Design and experiments were both mainly focused on the structure and parameters of the shell breaker. The paper described the overall structure of prototype and introduced the technical parameters of shell breaker, and the three-dimensional model was built by Pro/Engineer software. In this study, cell feed wheel was designed to translate pecan into feed pipe from hopper one by one like water flow, and thus the method could avoid pecans plugging the feed pipe. The bottom of the pipe was linked with shelling system, which was one of the most important parts during the study. In order to figure out a more efficient shelling method, a bionic

knock structure was designed based on the particle properties and mechanical behavior of pecan rupturing under knock loading, and the mathematical model of designing the shelling system was built. The system included 3 parts: disk-cam, support point and mechanical arm. The mechanical arm could roll around the support point in a certain angle range, and through the profile curve of disk-cam, the movement of mechanical arm could be controlled to finish shelling process. The groove structure was designed, which could reduce the deformation of pecan under the knock to protect the kernel from damage, and within a few sockets on the inner wall of groove, it could change the surface load into linear load and achieve a better shell-breaking quality. According to the movement requirements of shelling system, the structure dimension of mechanical parts was built, the push movement angle of the cam was optimized by the inverse method and the practical cam profile curve was designed. What was more, the transmission system and the time sequence relationship on all the actions were both introduced, and the transmission system diagram and the one time sequence diagram on shell breaker were showed in the paper. After the physical prototype of mechanism was manufactured, the field test was performed, and 3 groups of pecans were selected. The results showed that the prototype working performance was stable and high-quality. While the rotating speed of camshaft was 52 r/min, the pecan moisture content was set nearly to 14.55%-16.35%, and the diameter volume was from 18 to 22 mm, the shell-breaking rates of the 3 test groups were 99.59%, 99.40% and 99.31% respectively, which were high, and the kernel damage rates were 5.77%, 7.00% and 6.01% respectively, which were low. The processing efficiency was also higher than the traditional shelling equipment, which could reach 95.54, 98.00 and 91.25 kg/h respectively for the 3 groups of pecans. The test performance of prototype could basically meet the production demands. The research can enrich and perfect the mechanism and method for shell-breaking of walnut, and provide the technology and equipment support to realize the mechanization of pecan processing industry.

- **Rociador de huerto electrostático**

Título	Design and experiment of 3WQ-400 double air-assisted electrostatic orchard sprayer.
Autor(es)	Zhou LiangFu; Zhang Ling; Xue XinYu; Ding WeiMin; Sun Zhu; Zhou QingQing;- Cui LongFei
Año Publicación	2016
Fuente	Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering

In order to reduce the decay of the droplet carrying capacity and increase the droplet coverage on hidden area of the foliage, a double air-assisted electrostatic spraying system which included an electrostatic nozzle, a centrifugal blower, an axial fan and a diaphragm pump was proposed in this study. There were three hydro-motors in hydraulic system to drive centrifugal blower, axial fan and diaphragm pump separately. The indoor and outdoor tests including charge to mass (CTM), air velocity distribution, vertical distribution of spray volume and canopy droplet coverage was conducted. The faraday cylinder was used to collect spray volume, Key sight 34 410 A digital multi-meter was used to test current, and the CTM was calculated. The result showed the CTM at 0.2 m was reached to 1.0 mC/kg with damping along air direction, but the current could also be tested at 1.8 m. The air velocity distribution, vertical distribution of spray volume was based canopy biomass of spindle type fruit, the two maximum heights were between 0.5 and 1.5 m. The field experiment was carried out in Shanxi during October 14 to 16, 2015. The objective of this experiment was to evaluate the effect of electrostatic charge on foliar spray deposition in a high spindle apple orchard using the double air-assisted electrostatic sprayer. The temperature was

25°C, relative humidity was 55%. Experiment plot was a modern standard apple orchard which was 350 m long and 200 m wide, the tree was spindle type apple fruit, three years older, 3.2 m in height, 3.5 m row spacing and 1 m spacing in the rows. Trimming was done every year after harvest. There are iron wires at 0.5, 1.5 and 2.5 meters high which had different canopy width of 1.0, 0.6, and 0.3 m, and the foliage density was 7.8, 3.6, 1.97 m. The test was strictly followed the quality of air-assisted orchard sprayer (GB/T 24683-2009). The electrostatic system was switched on and off, in order to evaluate its effect on deposition on exposed and hidden face of the foliar. The flow rate at the nozzles was maintained unchanged across the tests, and the main environmental parameters were measured during the tests, they were air temperature, wind speed, and relative humidity. The water sensitive paper as collectors, the profile sampling strategy was adopted. The sprayer's working velocity was set at 0.84 m/s, spraying pressure was 0.5 MPa, rotation rate of axial fan and centrifugal blower were 1 400 and 1 800 r/min. Each test condition was replicated three times in the same position. Experimental plot consisted of four adjacent rows sprayed under real conditions, i.e. by passing with the sprayer in all the three inter-rows; foliar sampling was carried out in the central inter-row. Blocks were separated by three unsprayed inter-rows in order to avoid possible overlapping due to spray drift. The test was conducted to determine effects of electrostatic spraying on hidden droplet coverage and droplet distribution on canopy. All statistical analysis and graphical representations were performed using Microsoft excel 2010. Results showed the droplet coverage on exposed and hidden foliage were 115 and 47 dot/cm² at single spraying at the condition of the spray volume 3.5 L/min and driving velocity 0.84 m/s. This illustrated the single spraying was enough for insect prevention, and double spraying was suggest for preventing disease. The droplet coverage was improved 20% at the outside of tree closed to sprayer using electric spraying, while 7.2% was improved at the outside of tree away from sprayer at beyond.

3.7.1.4 Investigaciones asociadas a especies priorizadas

Como parte de la línea mecanización de labores agrícolas, se han identificado 15 investigaciones vinculadas a las especies priorizadas, específicamente 11 publicaciones científicas que hacen referencia a cítricos y 4 a cultivos de uva.

- **Cítricos**

Título	In-line estimation of the standard colour index of citrus fruits using a computer vision system developed for a mobile platform.
Autor(es)	Vidal, A.; Talens, P.; Prats-Montalbán, J. M.; Cubero, S.; Albert, F.; Blasco, J.
Año Publicación	2013
Fuente	Food and Bioprocess Technology

A key aspect for the consumer when it comes to deciding on a particular product is the colour. In order to make fruit available to consumers as early as possible, the collection of oranges and mandarins begins before they ripen fully and reach their typical orange colour. As a result, they are therefore subjected to certain degreening treatments, depending on their standard colour citrus index at harvest. Recently, a mobile platform that incorporates a computer vision system capable of pre-sorting the fruit while it is being harvested has been developed as an aid in the harvesting

task. However, due to the restrictions of working in the field, the computer vision system developed for this machine is limited in its technology and processing capacity compared to conventional systems. This work shows the optimised algorithms for estimating the colour of citrus in-line that were developed for this mobile platform and its performance is evaluated against that of a spectrophotometer used as a reference in the analysis of colour in food. The results obtained prove that our analysis system predicts the colour index of citrus with a good reliability ($R^2=0.925$) working in real time. Findings also show that it is effective for classifying harvested fruits in the field according to their colour.

Título	Platform stability for a high clearance citrus harvester: Part 1. Modeling and validation of the load-leveling system.
Autor(es)	Chung YongMin; Burks, T
Año Publicación	2016
Fuente	

The objective of this paper is to develop an appropriate full vehicle mathematical leveling system model for evaluating a high clearance citrus harvester's vehicle behavior and stability. A 7-degree of freedom (DOF) vehicle model is used to represent the vehicle. The mathematical equations of vehicle dynamics are derived from the 7-DOF model and a Matlab/Simulink model is constructed to analyze vehicle behavior. The lab-scale prototype will have all the hydraulic system components which will be present in the actual full scale harvester which we are currently building. The result from the simulation will be compared to the result from the lab-scale platform experiments for validation. The simulations show that full vehicle modeling for the leveling system and hydraulic actuator modeling was proper and will be validated later with experimental results. After that, these results will form the basis for the actual control system that will be implemented on the citrus harvester.

Título	Identification of fruit and branch in natural scenes for Citrus harvesting robot using machine vision and support vector machine.
Autor(es)	LuQiang; Cai JianRong; Liu Bin; Deng Lie; Zhang YaJing
Año Publicación	2014
Fuente	International Journal of Agricultural and Biological Engineering

With the decrease of agricultural labor and the increase of production cost, the research on citrus harvesting robot (CHR) have received more and more attention in recent years. For the success of robotic harvesting and the safety of robot, the identification of mature citrus fruit and obstacle is the priority of robotic harvesting. In this work, a machine vision system, which consisted of a color CCD camera and a computer, was developed to achieve these tasks. Images of citrus trees were captured under sunny and cloudy conditions. Due to varying degrees of lightness and position randomness of fruits and branches, red, green, and blue values of objects in these images are changed dramatically. The traditional threshold segmentation is not efficient to solve these problems. Multi-class support vector machine (SVM), which succeeds by morphological operation, was used to simultaneously segment the fruits and branches in this study. The recognition rate of citrus fruit was 92.4%, and the branch of which diameter was more than 5 pixels, could be recognized. The results showed that the algorithm could be used to detect the fruits and branches for CHR.

Título	Vision-based control of robotic manipulator for Citrus harvesting.
Autor(es)	Mehta, S. S.; Burks, T. F.
Año Publicación	2014
Fuente	Computers and Electronics in Agriculture

The main contribution of this paper is in the development of vision-based estimation and control system for robotic fruit harvesting and rigorous stability analysis to guarantee performance of the closed-loop system. The presented cooperative visual servo controller benefits from the large field-of-view of a fixed camera and the accuracy of a camera-in-hand (CiH). Computationally inexpensive perspective transformation-based range estimation method obtains 3D fruit position using a monocular camera to enable real-time manipulator control. A rotation controller is developed to orient the robot such that the target fruit selected by the fixed camera can be viewed by the CiH attached to the end-effector. Subsequently, the end-effector can be servoed to the target fruit location using the presented pursuit guidance based hybrid translation controller. Lyapunov-based stability analysis guarantees global exponential regulation of the end-effector. Numerical simulations verify the feasibility of the developed controller while the performance is evaluated on a seven degrees-of-freedom kinematically redundant manipulator using an artificial citrus tree. The position of the fruit was randomly selected, and the closed-loop visual servo control experiment was performed 21 times to analyze the repeatability and accuracy of the developed controller. With 95% confidence level the expected position of the robot end-effector is observed to lie within the confidence ellipsoid. The accuracy of the controller was observed to be about 15 mm, thus making the system suitable for harvesting medium and large varieties of citrus fruit but may limit operation for small varieties such as page and blood oranges.

Título	Optimised computer vision system for automatic pre-grading of Citrus fruit in the field using a mobile platform.
Autor(es)	Cubero, S.; Aleixos, N.; Albert, F.; Torregrosa, A.; Ortiz, C.; García Navarrete, O.; Blasco, J.
Año Publicación	2014
Fuente	Precision Agriculture

The mechanisation and automation of citrus harvesting is considered to be one of the best options to reduce production costs. Computer vision technology has been shown to be a useful tool for fresh fruit and vegetable inspection, and is currently used in post-harvest fruit and vegetable automated grading systems in packing houses. Although computer vision technology has been used in some harvesting robots, it is not commonly utilised in fruit grading during harvesting due to the difficulties involved in adapting it to field conditions. Carrying out fruit inspection before arrival at the packing lines could offer many advantages, such as having an accurate fruit assessment in order to decide among different fruit treatments or savings in the cost of transport and marketing non-commercial fruit. This work presents a computer vision system, mounted on a mobile platform where workers place the harvested fruits, that was specially designed for sorting fruit in the field. Due to the specific field conditions, an efficient and robust lighting system, very low-power image acquisition and processing hardware, and a reduced inspection chamber had to be developed. The equipment is capable of analysing fruit colour and size at a speed of eight fruits per second. The algorithms developed achieved prediction accuracy with an R2 coefficient of 0.993 for size estimation and an R2 coefficient of 0.918 for the colour index.

Título	Analysis of the detachment of Citrus fruits by vibration using artificial vision.
Autor(es)	Torregrosa, A.; Albert, F.; Aleixos, N.; Ortiz, C.; Blasco, J.
Año Publicación	Biosystems Engineering
Fuente	2014

The vibratory behaviour of citrus fruits is studied using slow-motion cameras in order to gain a better understanding of the parameters involved in fruit detachment when mechanical harvesting is done using shakers. Single citrus fruits with a small portion of stem were vibrated using strokes from 60 mm to 180 mm and frequencies from 3 Hz to 18 Hz. The movement was recorded at 300 fps and the main parameters considered for fruit detachment were determined through the analysis of the video sequences. Image-processing algorithms created for this purpose were applied to the automated estimation of the centroid of the fruit, the angle of the stem-pistil axis, and the position of some selected points in the fruit in each frame of the video sequences to obtain dynamic parameters such as the position, speed and acceleration of the fruit during the movement until it is detached. The signals obtained from the image processing were filtered, providing results in accordance with the calibration systems. In general, results suggest that the inertial forces transmitted to the fruit were lower than the tensile forces required to detach the fruit by pulling it in the stem-pistil direction. The largest peaks were observed using long strokes that required fewer cycles for detachment. On the other hand, short strokes combined with high frequencies needed more cycles, and thus a fatigue phenomenon was present. Short strokes and low frequencies were unable to detach some fruit.

Título	Identification and determination of the number of immature green Citrus fruit in a canopy under different ambient light conditions.
Autor(es)	Sengupta, S.; Lee, W. S.
Año Publicación	2014
Fuente	Biosystems Engineering

Yield mapping for tree crops by mechanical harvesting requires automatic detection and counting of fruits in tree canopy. However, partial occlusion, shape irregularity, varying illumination, multiple sizes and similarity with the background make fruit identification a very difficult task to achieve. Therefore, immature green citrus-fruit detection within a green canopy is a challenging task due to all the above-mentioned problems. A novel algorithmic technique was used to detect immature green citrus fruit in tree canopy under natural outdoor conditions. Shape analysis and texture classification were two integral parts of the algorithm. Shape analysis was conducted to detect as many fruits as possible. Texture classification by a support vector machine (SVM), Canny edge detection combined with a graph-based connected component algorithm and Hough line detection, were used to remove false positives. Next, keypoints were detected using a scale invariant feature transform (SIFT) algorithm and to further remove false positives. A majority voting scheme was implemented to make the algorithm more robust. The algorithm was able to accurately detect and count 80.4% of citrus fruit in a validation set of images acquired from a citrus grove under natural outdoor conditions. The algorithm could be further improved to provide growers early yield estimation so that growers can manage grove more efficiently on a site-specific basis to increase yield and profit.

Título	Fruit motion analysis in process of mechanical vibration harvesting based on electronic fruit technique.
Autor(es)	Du XiaoQiang; Li DangWei; He LeiYing; Wu ChuanYu; Lin LePeng
Año Publicación	2017
Fuente	Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering

At present, the main way of fruit harvesting is still dominated by manual picking. Although the workload of the laborer can be reduced by the use of mechanical equipment in the process of fruit harvesting, the unstable harvesting rate and the high proportion of fruit damage are hindering the development of harvesting equipment, especial in fruit harvesting machines, which are the key factors to improve harvesting machine. In order to improve the performance of harvesting equipment in the market of agricultural machinery, it is necessary to make accurate evaluation of the fruit motion in process of picking with fruit harvesting equipment, and then determine the main stages and key factors leading to fruit damage. In this paper, a flattened electronic fruit based on Orange Impact Recording Sensor (OIRS) was designed to detect the mechanical impact caused by the three-dimensional vibration harvesting system and analyze the fruit motion. The dynamics model of sugar orange was built and analyzed, which was equivalent to solve nonhomogeneous linear ordinary differential equation with constant coefficients. The dynamics model was solved and the theoretical condition of fruit abscission from tree body was obtained. The fruit falling process was recorded by high-speed photography in the detachment test of electronic fruit, and the amplitude and binding force of fruit were measured. All the parameters in the theoretical model were calculated, and the result of $17.25 > 11.6$ N was obtained, which demonstrated that the normal inertia force of fruit was greater than that of binding force when the fruit was detached from the tree. So the theoretical model of fruit abscission was verified. Three-axis accelerometer was embedded in the OIRS, and was used to detect and record the acceleration in the process of harvesting. And the final resultant acceleration values from three directions were obtained with the method of FFT (Fast Fourier Transformation) by MATLAB. Four vibration harvesting experiments were carried out in orchard filed and recorded the maximum mechanical impact in vibration and falling stage, the maximum mechanical impact recorded by the electronic fruit was 217 g in the vibration stage, and the average impact reached 123 g. The maximum mechanical impact was 155 g in the falling stage, and the average impact was only 76 g. The results showed that the possibility of fruit damage in the vibration stage was higher, and the potential damage risk can be reduced by adjusting and improving working parameters of the harvesting machine. The higher impact caused by the fruit contact with the ground during the falling stage can also lead to fruit damage, in order to reduce the fruit damage during the falling stage, the damping and buffer materials can be used on the surface of fruit collect equipment. The use of electronic fruit can detect the mechanical shock effectively caused by the vibratory fruit harvesting mechanism with three-dimensional excitation in the fruit picking process, and it can be also used to evaluate damage in the process of harvesting fruit of the machine system. Though there are some differences in fruit size, weight and the way to fixed in fruit tree branch when comparing the actual picking environment and state, experiment results of mechanical harvest using electronic fruit technique in orchard filed demonstrate that this electronic fruit device has practical value and provides a reference for the improvement of the other fruits harvesting machine.

Título	Robust visual servo control in the presence of fruit motion for robotic Citrus harvesting.
Autor(es)	Mehta, S. S.; MacKunis, W.; Burks, T. F.
Año Publicación	2016
Fuente	Computers and Electronics in Agriculture

Unknown fruit motion due to exogenous disturbances such as wind gust, canopy unloading, and particularly, fruit detachment forces can reduce overall harvesting efficiency in robotic fruit harvesting. Existing approaches relying on high-gain controllers to compensate for fruit motion are inherently susceptible to measurement noise and can lead to instability. The contribution of this paper is in the development of a robust image-based visual servo controller to regulate a robotic manipulator to a target fruit in the presence of unknown fruit motion. The robust feedback elements included in the control structure compensate for non-vanishing nonlinear disturbances without the need for high-gain feedback. Lyapunov-based stability analysis guarantees uniformly ultimately bounded regulation of the robot end-effector to a target fruit. In addition, finite-time convergence analysis is presented to show that the controller gains can be chosen to achieve the desired fruit removal rate, or cycle time. Numerical simulations with varying fruit displacement of {35,70,105,140,175,210}{35,70,105,140,175,210} mm verify the feasibility of the developed controller while the performance is evaluated on a seven degrees-of-freedom kinematically redundant manipulator using an artificial citrus fruit moving with 120 mm displacement. The developed robust controller demonstrates stable closed-loop operation of the system. Further, the effect of uncertainties in field conditions such as illumination variations and partial fruit occlusion, overlapping fruit, and obstacles on the developed controller are discussed.

Título	Development of a robotic fruit picking end effector and an adaptable controller.
Autor(es)	You, K.; Burks, T.
Año Publicación	2016
Fuente	2016 ASABE Annual International Meeting, Orlando, Florida, USA, 17-20 July, 2016

To address rising labor costs in the citrus industry, there have been development trials to adopt robot harvesting techniques. Currently in the United States and abroad, robotic technologies are being developed and adopted for various manufacturing applications. In this study, a prototype end effector was designed to minimize physical damage to harvested fruit during picking tasks. A hybrid multi-gripping apparatus was developed that could grasp an orange firmly and securely using both vacuum and tactile forces using a gripping force controller, which maintained an effective pressure in each vacuum gripper. Additionally, the picking motion combined rotating and pulling the fruit to improve the fruit removal rate and reduced the peel damage known as plugging. Through experiments conducted with Washington Navel Oranges (Citrus sinensis cv. Navel), the developed end effector model validated its fruit picking capability cooperating with robot manipulators.

Título	Sensors and systems for fruit detection and localization: a review.
Autor(es)	Gongal, A.; Amatya, S.; Karkee, M.; Zhang, Q.; Lewis, K.
Año Publicación	2015
Fuente	Computers and Electronics in Agriculture

This paper reviews the research and development of machine vision systems for fruit detection and localization for robotic harvesting and/or crop-load estimation of specialty tree crops including apples, pears, and citrus. Variable lighting condition, occlusions, and clustering are some of the important issues needed to be addressed for accurate detection and localization of fruit in orchard environment. To address these issues, various techniques have been investigated using different types of sensors and their combinations as well as with different image processing techniques. This paper summarizes various techniques and their advantages and disadvantages in detecting fruit in plant or tree canopies. The paper also summarizes the sensors and systems developed and used by researchers to localize fruit as well as the potential and limitations of those systems. Finally, major challenges for the successful application of machine vision system for robotic fruit harvesting and crop-load estimation, and potential future directions for research and development are discussed.

- **Cultivos de uva**

Título	Low cost active devices to estimate and prevent off-road vehicle from rollover.
Autor(es)	Denis, D.; Thuilot, B.; Lenain, R.; Berducat, M.
Año Publicación	2017
Fuente	

This paper proposes to investigate the use of active devices, able to anticipate for hazardous situations, by using low cost sensors. In this approach, the risk of rollover is considered thanks to the Lateral Load Transfer (LLT) metric, able to characterize gradually the dynamic mass repartition on the vehicle, without using expensive cell forces. In order to account for variable conditions, an observer algorithm is used in order to adapt on-line the grip conditions thanks to a dynamical yaw model. Once adapted, this model supply the dynamic variable influencing the evolution of LLT. This metric can then be estimated thank to a second partial dynamic model considering the roll plane. Thanks to the vehicle parameters (mass, elevation of centre of gravity), the risk of rollover may be accurately computed.

Título	A small autonomous electrical vehicle as partner for heroic viticulture.
Autor(es)	Longo, D.; Pennisi, A.; Bonsignore, R.; Schillaci, G.; Muscato, G.
Año Publicación	2013
Fuente	Acta Horticulturae

On Mount Etna goblet is spreading again among vine growers because of vine quality and taste, after it was abandoned about fifty years ago. Most local farms that use this kind of vine training system are very small and are often characterised by available terrains with high slopes, very narrow path, tight poorly accessible terraces; workers have also to build and maintain the embankment and other structures that the high slope terrain needs. So very high effort is required for cultivating these areas that represents one of the Italian heroic viticulture realities. Goblets is not the only training system used on Mount Etna but even when very simple trellises like wires or stakes are used, terrains and farms conditions are often the same. Such conditions do not allow to use standard machinery that are suitable for bigger farms (because of their cost) and/or bigger parcels (because of their physical size). The aim of this work is to present a small versatile

electrical vehicle that has autonomous/assisted navigation capabilities as well as man-guidance option. This robotic system can facilitate workers during harvesting and vineyard management operations such as pruning, spraying, transportation (bins, grapes and other tools). The robot has two rubber tracks and can easily handle payloads up to 200 kg. Its physical dimension and the very low centre of mass, allows the robot to have big manoeuvrability and stability in tight passages with high slope and rough terrain. This is important considering safety aspects for the workers. In order to implement the autonomous navigation capability, an industrial computer and sensors like 2D laser scanner, low cost DGPS system and an inertial measurement unit have been used. The operator can manually interact with the robot using a standard joystick from a remote base station as well as from on-board the robot. When autonomous motion is desired, the system needs a preliminary learning phase through manual guidance during which the desired path is recorded using the GPS information. After that phase, the system is able to execute in autonomous mode the same path. The on-board sensors can implement early detecting of obstacles and dangerous situations. Different trials have been performed on some vineyard farm on Mount Etna, in the Noto (Syracuse, Italy) area and in some greenhouses in Southern Sicily near Scoglitti (Ragusa, Italy) in order to evaluate system performances.

Título	Vision-based extraction of spatial information in grape clusters for harvesting robots.
Autor(es)	Luo LuFeng; Tang YunChao; Zou XiangJun; Ye Min; Feng WenXian; Li GuoQing
Año Publicación	2016
Fuente	Biosystems Engineering

Grapes are likely to have collisions and be damaged by manipulations when harvesting grape clusters. To conduct an undamaged robotic harvesting, this paper focuses mainly on locating the spatial coordinates of the cutting points on a peduncle of grape clusters for the end-effector and determining the bounding volume of the grape clusters for the motion planner of the manipulator. A method for acquiring spatial information from grape clusters is presented based on binocular stereo vision. This method includes four steps: (1) calibrating the binocular cameras and rectifying the images, (2) detecting the cutting points on the peduncle and the centres of the grape berries, (3) extracting three-dimensional spatial coordinates of the points detected in step 2, and (4) calculating the bounding volume of the grape clusters. A total of 300 images were captured in the vineyard and were tested to validate the method for the cutting point detection, and the success rate was approximately 87%. The accuracy of the localisation of the cutting points was determined under outdoor conditions, and the accuracy in the Z and X directions was 12 mm and 9 mm, respectively. The acquired bounding volume of the grape cluster was compared with manual measurements, and errors in the height and maximum diameter were less than 17 mm and 19 mm, respectively. The elapsed time of the whole algorithm was less than 0.7 s. The demonstrated performance of this developed method indicated that it could be used on harvesting robots.

Título	Online adaptive observer for rollover avoidance of reconfigurable agricultural vehicles
Autor(es)	Denis, D.; Thuilot, B.; Lenain, R.
Año Publicación	2016
Fuente	Computers and Electronics in Agriculture

Tractor rollover is one of the main case of severe accident in agriculture. Since such vehicles move on natural ground with varying conditions and different kind of terrain, the risk of rollover is difficult to estimate and predict using classical on-road approaches. This paper proposes an online adaptive observer to assess and avoid rollover risk in agricultural vehicles which move in off-road terrain. In particular, the approach focuses on reconfigurable tractor dedicated to move in terrain with important slope (such as grape harvester). It is based on the coupling between an intermittent measurement and an estimation of a stability metric, namely the Lateral Load Transfer (LLT). Thanks to this adaptive method, terrain and vehicle parameters are updated in order to take into account for the effects of changes in center of gravity height and total vehicle mass. This then allows to monitor the stability of the vehicle whatever the state of the slope correction system, the soil type and the load of the machine. The algorithm capabilities are tested through experiments using a grape harvester equipped with hydraulic actuators.

3.7.2 Análisis de la producción tecnológica

A partir de 206 documentos de patentes identificados, se observa que el nivel de patentamiento en el ámbito Mecanización en labores agrícolas, asociadas a mejorar la gestión predial, muestra una tendencia al alza, con un crecimiento cercano al 150% entre los años 2013 y 2018.

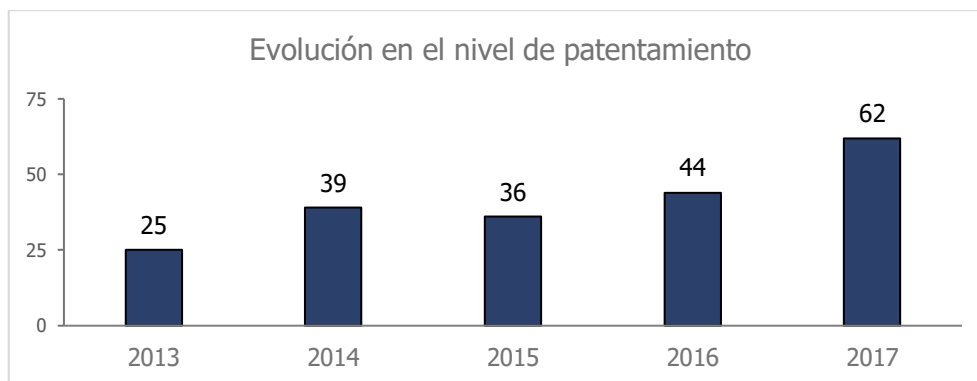


Figura 3.55 Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Mecanización en labores agrícolas, en el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

Esta tendencia se mantiene al analizar la cantidad de patentes solicitadas en relación a la cantidad de concesiones, tal como se observa en la siguiente figura.

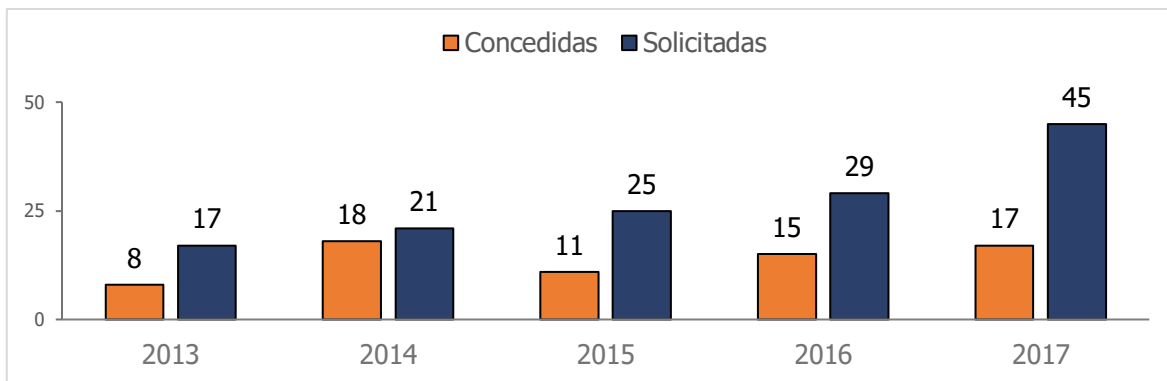


Figura 3.56 Evolución en el nivel de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Mecanización en labores agrícolas, en el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.7.2.1 Países líderes

Estados Unidos lidera la producción de nuevas tecnologías en este ámbito, concentrando el 49% del total de documentos de patentes identificados en el período 2013 - 2018. Le siguen Canadá, China, Japón y Alemania, tal como se observa en la siguiente figura.

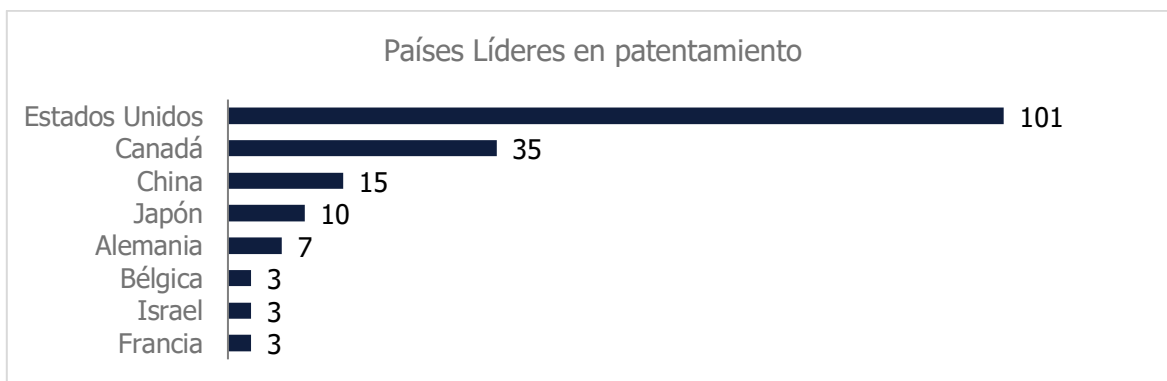


Figura 3.57 Países líderes en patentamiento en el ámbito Mecanización en labores agrícolas, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.7.2.2 Instituciones líderes

En relación con las instituciones que desarrollan nuevas tecnologías en este ámbito, CNH Industria (Italia) se posiciona como líder con 28 documentos de patentes identificados en los últimos 5 años. Le siguen las empresas Unverferth Manufacturing Co. Inc. (Estados Unidos) y Caterpillar Inc. (Estados Unidos).



Figura 3.58 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Mecanización en labores agrícolas, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.7.2.3 Áreas tecnológicas más patentadas

La tabla 3.7 contiene el listado de los códigos CIP más patentados entre los años 2013 y 2018 para el ámbito Mecanización en labores agrícolas, asociadas a mejorar la gestión predial, junto con la descripción de cada uno de ellos. Además, se indica la frecuencia de aparición, es decir, la cantidad de documentos de patentes que contienen dicho código en relación a los 206 documentos de patentes identificados en este ámbito.

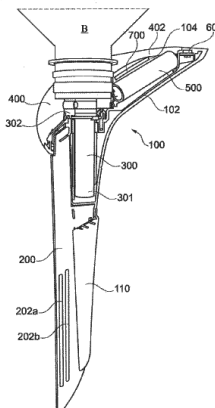
Tabla 3.7 Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Mecanización en labores agrícolas, en el período 2013-2018.

Código CIP	Descripción	Cantidad de patentes
A01B006322	Dispositivos o disposiciones de elevación o reglaje para máquinas o instrumentos agrícolas. Con mando hidráulico o neumático.	21
A01C000720	Elementos de sembradoras para guiar y depositar los granos.	17
A01B006900	Dirección de máquinas o instrumentos agrícolas; Guía de máquinas o instrumentos agrícolas según un recorrido determinado.	15
A01B006300	Dispositivos o disposiciones de elevación o reglaje para máquinas o instrumentos agrícolas.	14
G05D000102	Control de la posición o del rumbo por referencia a un sistema de dos dimensiones.	13
A01D0041127	Disposiciones para el control o medida adaptados especialmente para cosechadoras-trilladoras.	12
A01B007900	Métodos para trabajar la tierra.	12
A01B007304	Medios o disposiciones para facilitar el transporte de máquinas o instrumentos agrícolas. Bastidores plegables alrededor de un eje horizontal.	12

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

Tecnologías asociadas a los códigos CIP más patentados

Con respecto a las tecnologías que se clasifican en los códigos CIP más patentados en el ámbito Mecanización en labores agrícolas, para el período 2013 - 2018, una de las áreas más relevantes corresponde a la automatización, en particular, equipos, sistemas y métodos para generar procesos agrícolas autónomos. En este sentido se destaca la patente [US20160174478A1](#) “Autonomous irrigation device, in particular for pot plants”, solicitada por la empresa Parrot (Francia), que propone un dispositivo de riego autónomo para plantas en maceta. Posee una unidad de irrigación que comprende una válvula controlable de modo que el agua fluye desde el depósito para producir gotas en el sustrato mediante conductos de salida de agua. El dispositivo no requiere una unidad de bombeo y puede alimentarse con una batería de muy baja capacidad durante un período prolongado.



La patente [US20170311534A1](#) “System For Conducting An Agricultural Operation Using An Autonomous Vehicle”, solicitada por la empresa CNH Industrial Llc, describe un método para conducir una operación agrícola usando un vehículo autónomo. Este método permite llevar a cabo operaciones agrícolas, utilizando vehículos agrícolas, que implica la transmisión de un plan de operación revisado desde una estación base al vehículo, y un plan de ajuste del camino del vehículo de acuerdo con el plan revisado.

La patente [US20170181383A1](#) “Pruning Robot System”, solicitada por la institución Institute Of Automation Chinese Academy Of Sciences (China), describe un sistema de poda robótico, que posee un terminal de plataforma en la nube conectado al dispositivo de procesamiento central para establecer la comunicación, y un mapa de ruta de viaje fijo del robot para detectar puntos mediante el uso de un mapa tridimensional. El sistema realiza una poda automática completa, considerando el encontrar una ubicación, planificar la ruta del robot y recolectar los mensajes asociados al proceso de poda.

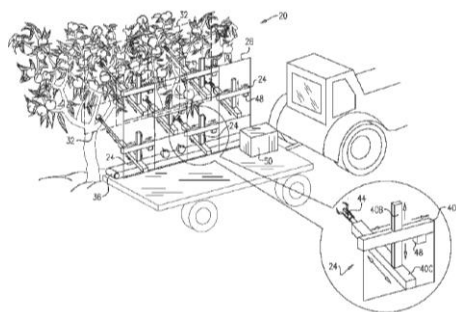
Otras tecnologías desarrolladas recientemente, que están asociadas con equipos, métodos y sistemas para agricultura autónoma, se pueden encontrar en las patentes [US8504234B2](#) “Robotic pesticide application”, solicitada por la empresa Deere & Company (Estados Unidos), y la patente [US8636078B2](#) “Mechanically controlled hydraulic system for an agricultural implement”, solicitada por la empresa CNH Industrial Llc.

Otra línea tecnológica que posee un amplio desarrollo dentro de este ámbito corresponde a los sistemas de control y automatización para agricultura de precisión. En ese sentido se destaca la patente [US20140224513A1](#) “Row treating unit for agriculture implement”, solicitada por la empresa L&B MFG Inc. (Estados Unidos), que describe una unidad de tratamiento de filas (row treating unit) asociada con mecanismos de cierre de zanjas del suelo, ajustados con controladores, de modo que se aplica la cantidad adecuada de presión y se empaqueta el suelo, evitando vacíos o bolsas de aire en el suelo y permitiendo que las plantas germinen a través del suelo manera más eficiente.

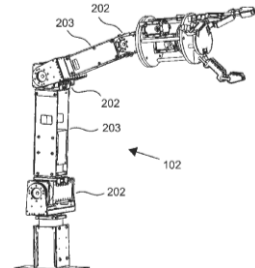
Otras tecnologías en esta línea se encuentran en las patentes [US20160378086A1](#) “Control System Used for Precision Agriculture and Method of Use”, solicitada por Clayton Plymill L. (Estados Unidos), que describe un sistema de control móvil para facilitar la seguridad y el mantenimiento de los activos utilizados para la agricultura de precisión, y la patente [WO2013064963A1](#) “A remote sensing device and system for agricultural and other applications”, solicitada por la empresa Idus Controls Ltd. (Canadá), y que describe un dispositivo de teledetección totalmente integrado y autónomo utilizado en agricultura y otras aplicaciones.

Tecnologías asociadas a especies priorizadas

En relación con las tecnologías identificadas en el ámbito Mecanización en labores agrícolas, asociadas a mejorar la gestión predial, que hacen referencia a algunas de las especies priorizadas, se destaca la patente [US9475189B2](#) “Multi-robot crop harvesting machine”, solicitada por la empresa FFMH-Tech Ltd. (Israel), describe un sistema automático de cosecha multi-robot para cosechar árboles frutales. Posee computadoras para identificar elementos de cultivo en imágenes adquiridas por sensores fijos en relación con el marco y dirigir robots para cosechar los elementos de cultivo identificados.



La patente [US20170105346A1](#) “Robotic systems, methods, and end-effectors for harvesting produce”, solicitada por la Universidad Estatal de Washington (Estados Unidos), describe un sistema robótico de recolección de productos utilizado para cosechar frutas de forma robotizada, tiene un manipulador que ubica al efector final en un espacio tridimensional y un sistema de visión artificial que proporciona la ubicación de la porción del producto a cosechar.



La patente [US20160120124A1](#) “Harvesting machine for formally trained orchards”, solicitada por Mark De Kleine (Estados Unidos), describe un sistema de recolección móvil para árboles frutales, útil para cultivos con sistemas de entrenamiento, que posee marcos de captura operables y acoplados de forma rotatoria a la plataforma móvil para la extensión y la retracción de las secciones entre los árboles en el huerto entrenado, incluida la fruta.

Otras tecnologías asociadas a especies priorizadas, con aplicación en cultivos de árboles frutales, corresponden a las patentes [US9861038B2](#) “Agriculture methods using stick images of plants”, solicitada por Harvestmoore Llc. (Estados Unidos), y la patente [US9226446B2](#) “Robotic fruit tree pruner and harvester machine”, solicitada por Francis Wilson Moore (Estados Unidos).

3.8 Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y postcosecha

3.8.1 Análisis de la producción científica

Con 93 publicaciones en el período 2013-2017, la producción científica vinculada al monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y postcosecha, es la línea de interés menos intensiva de todas la analizadas previamente. Dado esto, en la figura 3.59, no se observa una línea evolutiva clara, sino más bien una concentración de cerca del 60% del total de publicaciones en los años 2015 y 2016.

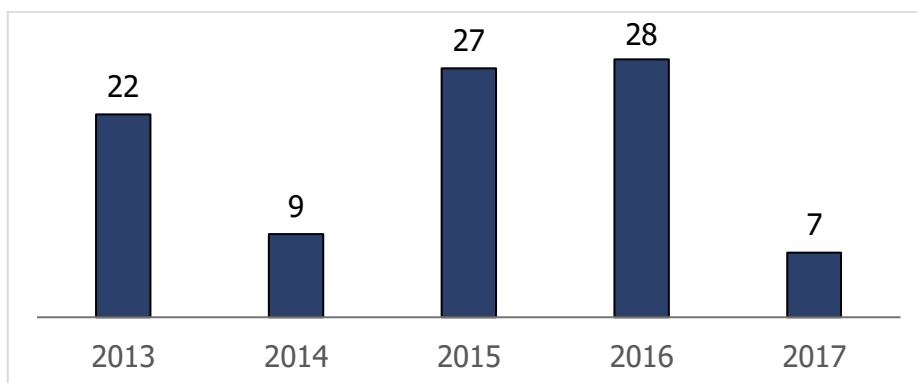


Figura 3.59 Evolución de las publicaciones científicas en el periodo 2013-2017.

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.8.1.1 Países líderes

Según se muestra en la figura 3.60, ocho países de un total de 35 que figuran en la actividad científica mundial vinculada al monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y postcosecha, lideran el ranking con 4 o más publicaciones.

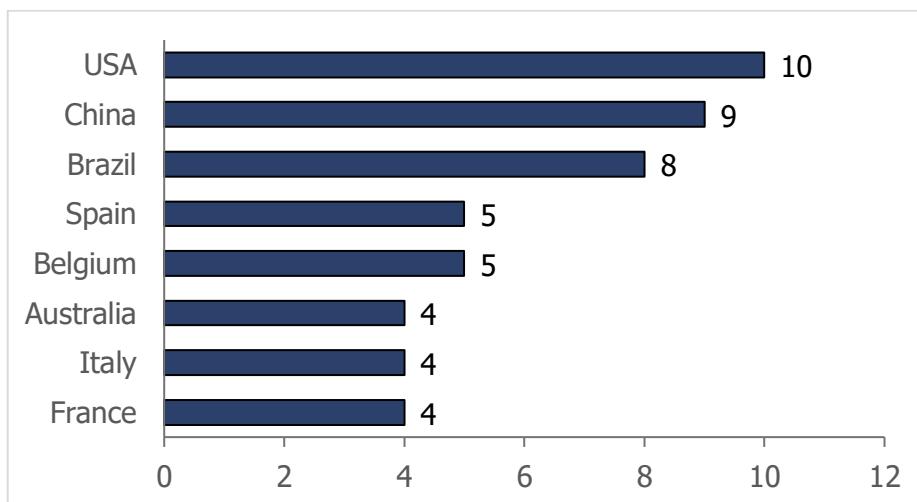


Figura 3.60 Países líderes con 4 o más publicaciones

Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.8.1.2 Instituciones líderes

La **China Agricultural University** encabeza el ranking de productividad científica con cuatro publicaciones en el período analizado. La siguiente figura presenta la distribución de las investigaciones en instituciones con dos o más publicaciones.

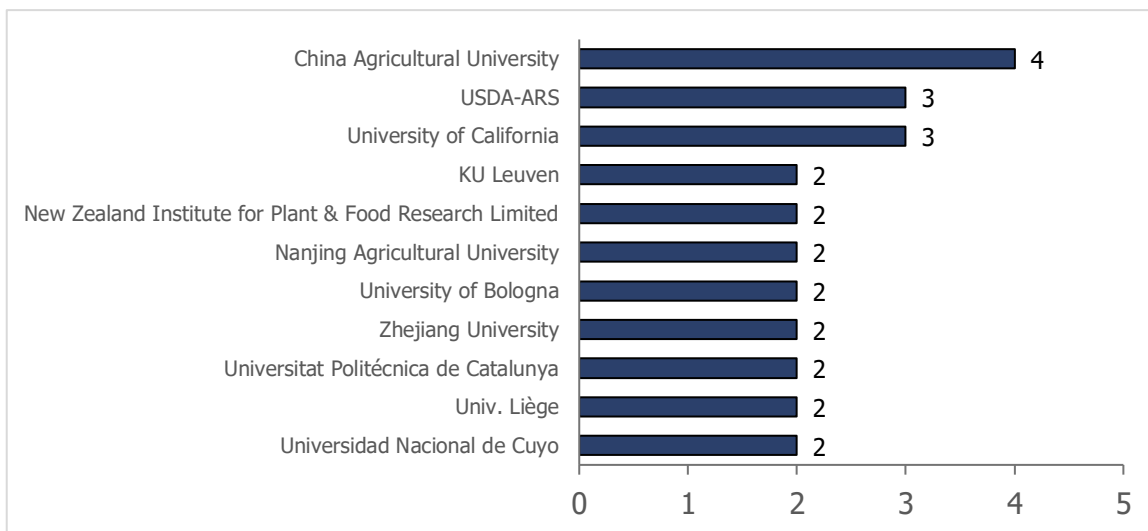


Figura 3.61 Instituciones líderes con 2 o más publicaciones
Fuente: IALE Tecnología, elaboración propia utilizando Matheo Analyzer, 2018.

3.8.1.3 Áreas de Investigación

La figura 3.62 muestra los términos de mayor frecuencia de aparición en el período 2013-2017 para la línea Monitoreo de la calidad durante procesos de pre y post cosecha, donde es posible observar que un serie importante de conceptos vinculados a cultivos de uva.



Figura 3.62 Descriptores con mayor frecuencia de aparición
Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile, 2018.

Atendiendo al bajo volumen de información asociado a esta línea de interés, es difícil identificar o hablar de áreas temáticas incipientes por lo cual a continuación se destacan algunos resultados más recientes vinculados al monitoreo de la calidad en procesos de pre y post cosecha.

La publicación ***Stone fruit value chain: a systems approach for improved consumer satisfaction*** (2016), describe un enfoque integrado para la gestión de la calidad de la fruta utilizando tecnologías de sensor no destructivas (Index of Absorbance Difference - IAD), la cual permite determinar con precisión la madurez fisiológica de la fruta y medir el efecto de cada paso en la cadena de valor sobre la madurez de la fruta. La evaluación de la calidad de la fruta comienza en el huerto y continúa a través de la cosecha, manipulación, envasado, y venta.

En la publicación ***Quality of Garigette strawberry: monitoring from the packing station to the point of sale*** (2015), el Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes realiza un monitoreo cualitativo de la calidad que va desde el empaque hasta el punto de venta, a fin de identificar las etapas potenciales de pérdida de calidad. En esta evaluación se logró identificar que los criterios que variaron significativamente corresponden a: aroma, brillo, sabor y notas de cítricos, así como la cantidad de moretones.

Por último, la publicación ***DAFL: new innovative device to monitor fruit ripening in storage*** (2015), describe el uso del dispositivo DAFL (difference absorbance fruit logger) durante el almacenamiento en frío para medir el índice de diferencia de absorbancia (IAD). Este tipo de dispositivos se coloca en una cantidad determinada de frutas almacenadas en frío y los valores de IAD se transmiten por radio a un servidor, proporcionando en tiempo real un indicio sobre la maduración de la fruta durante el almacenamiento.



Otras publicaciones destacadas en esta línea corresponden a las siguientes:

- Huang JianXi; Niu WenHao; Ma HongYuan; Su Wei; Zhu DeHai (2016). *Predicting maturity period for winter wheat using remote sensing and effective accumulated temperature-solar radiation model.*
- Nagy, A.; Riczu, P.; Tamás, J. (2016). *Spectral evaluation of apple fruit ripening and pigment content alteration.*
- Imanpanah, H.; Kasraei, M.; Raoufat, M. H.; Nejadi, J. (2015). *Development and evaluation of a portable apparatus for bioyield detection: a case study with apple and peach fruits.*

- Beek, J. van; Tits, L.; Coppin, P.; Somers, B.; Deckers, T.; Verjans, W.; Bylemans, D.; Janssens, P. (2015). *Improved yield and fruit quality estimation in pear orchards using remote sensing time series.*

3.8.1.4 Investigaciones asociadas a especies priorizadas

En lo que se refiere a publicaciones científicas vinculadas a las especies priorizadas, se han identificado cinco trabajos, de los cuales tres de ellos se refieren a cítricos en general. En este punto es importante mencionar que los resultados vinculados a cultivo de uva no necesariamente hacen referencia explícita a uva de mesa, sin embargo pueden existir similitudes que hagan extrapolables estos resultados.

- **Palto**

Título	High resolution remote sensing, GIS and Google Earth for avocado fruit quality mapping and tree number auditing.
Autor(es)	Robson, A. J.; Petty, J.; Joyce, D. C.; Marques, J. R.; Hofman, P. J.
Año Publicación	Acta Horticulturae
Fuente	2016

Satellite imagery, Geographical Information Systems (GIS) and Google Earth were demonstrated as effective tools for tree auditing and for defining the spatial variability of tree condition across two commercial 'Hass' Avocado blocks in Childers, Australia. Using a classified normalised difference vegetation index (NDVI) map derived from a WorldView2 image captured on April 19th 2013, and then repeated May 29th 2014, three replicate trees within high, mid and low growth regions were selected from each block. The annual harvest of these trees was conducted on May 21st 2013 and May 7th 2014, along with measures of leaf fluorescence and SPAD. Fruit quality measures were also conducted post-harvest. Spectral information corresponding to each of the sampled tree canopies was extracted and used to derive a number of pigment and structural based vegetation indices. These indices were correlated against the measured fruit and tree parameters, resulting in strong correlations with average fruit weight (g) ($R=0.86^{**}$, $P=0.0001$, $RMSE=14.7$ g); % commercial yield ($R=0.71^{**}$, $P=<0.0001$, $RMSE=13.2\%$); F_m/F_v ($R=-0.67^{**}$, $P=<0.0001$) and SPAD ($R=0.67^{**}$, $P=<0.0001$). Using algorithms produced from the linear relationships between the measured parameters and the derived vegetation indices, maps representing the spatial and temporal distribution of each of the parameters were developed. This information supports improved tree management and harvest segregation based on fruit size. For the auditing of tree numbers, a more exact method for calculating orchard area and tree density was examined that increased the prediction accuracy of one orchard from 90.4 to 97.3%. The development of a spatial database that incorporated individual trees within an orchard was also investigated. At the regional level an accurate inventory of trees supports improved handling, marketing and forward selling decisions; whilst at the orchard level, would offer more efficient data recording and enhanced 'paddock to plate' traceability.

- **Cultivos de uva**

Título	Post-harvest quality evaluation of grapes using non-destructive electronic nose.
Autor(es)	Rajin, S. M. A. K.; Salina Abdul Samad; Anuar Mikdad Muad
Año Publicación	2015
Fuente	Journal of Electrical and Electronics Engineering

Over the past decades, electronic nose has opened a variety of possibilities and is becoming one of the most important non-destructive odour inspection technologies in the food industry. The objective of this study is to determine the quality degradation of the fruit by monitoring the change in the volatile compound while kept in storage using a lab manufactured electronic nose. Here, grapes are chosen as the fruit sample for experiment. Principal component analysis (PCA) is used to determine the ability of the electronic nose to distinguish the different quality of the fruit stored over an interval of time. The result shows that using PCA analysis, the electronic nose is able to identify a clear distinction between the aromas of grapes stored for different time intervals.

- **Cítricos**

Título	Data mining and systems biology for identifying key genes involved in citrus quality.
Autor(es)	Silva, E. M. A.; Bernardes, L. A. S.; Ollitrault, P.; Bonatto, D.; Micheli, F.
Año Publicación	2015
Fuente	Acta Horticulturae

Quality in citrus is mainly characterized by fruit and juice color, fruit and skin size, juice percent, total soluble solids, titrable acidity, and carotenoid/flavonoid contents. Moreover, studies of biosynthetic pathway of the metabolites/proteins involved in quality at transcriptional and translational levels may provide relevant information for subsequent functional studies and quality improvement. Data mining of ESTs from HarvEST database allowed the selection of 17 cDNA libraries from albedo, flavedo, peel, pulp and juice sac of different orange, mandarin, clementine and grapefruit varieties. In order to select key genes involved in quality we used systems biology which offers mathematical tools that include the analysis of the structure, clustering and centralities of the network. In order to have information regarding physical protein-protein interactions (PPPI) from citrus sequences, orthologous sequences of *A. thaliana* were used (BLASTX; reciprocal BLASTP). Literature data mining was performed, and PPPI network design was obtained using the Cytoscape software. The interactome networks thus obtained were analyzed with MCODE. Gene ontology clustering analysis was performed using BiNGO. Specific algorithms were applied to identify modules and central nodes within the citrus libraries associated network. The obtained results will be used as a guideline to select specific genes/proteins from citrus for further functional studies as gene expression or plant transformation.

Título	Automated systems based on machine vision for inspecting Citrus fruits from the field to postharvest - a review.
Autor(es)	Cubero, S.; Lee WonSuk; Aleixos, N.; Albert, F.; Blasco, J.
Año Publicación	2016
Fuente	Food and Bioprocess Technology

Computer vision systems are becoming a scientific but also a commercial tool for food quality assessment. In the field, these systems can be used to predict yield, as well as for robotic harvesting or the early detection of potentially dangerous diseases. In postharvest handling, it is mostly used for the automated inspection of the external quality of the fruits and for sorting them into commercial categories at very high speed. More recently, the use of hyperspectral imaging is allowing the detection of not only defects in the skin of the fruits but also their association to certain diseases of particular importance. In the research works that use this technology, wavelengths that play a significant role in detecting some of these dangerous diseases are found, leading to the development of multispectral imaging systems that can be used in industry. This article reviews recent works that use colour and non-standard computer vision systems for the automated inspection of citrus. It explains the different technologies available to acquire the images and their use for the non-destructive inspection of internal and external features of these fruits. Particular attention is paid to inspection for the early detection of some dangerous diseases like citrus canker, black spot, decay or citrus Huanglongbing.

Título	Internal and external quality assessment of mandarins on-tree and at harvest using a portable NIR spectrophotometer.
Autor(es)	Sánchez, M. T.; Haba, M. J. de la; PÃ©rez-MarÃ©n, D.
Año Publicación	2013
Fuente	Computers and Electronics in Agriculture

Citrus growers are increasingly demanding rapid, cost-effective, green, and non-destructive methods for monitoring changes in physical-chemical quality during on-tree ripening, with a view to establishing the optimum harvest date. This study sought to evaluate the performance of a handheld MEMS-based NIR spectrophotometer, used in conjunction with chemometric techniques, for the prediction of changes not only in major external quality parameters such as weight, size (equatorial and axial diameters) and color (L^* , a^* , b^* , C^* , h^* , color index), but also in internal physical parameters (firmness, maximum penetration force, pericarp thickness, juice weight, juice content) and chemical properties (soluble solids content, pH, titratable acidity, maturity index) in intact mandarins during the pre-harvest period, as a means of establishing the most suitable harvest date. The models obtained by applying MPLS regression to spectroscopic data yielded promising results for on-tree external quality measurements, particularly for color-related parameters (a^* , C^* and color index), and for all the internal chemical parameters studied. These results confirm that changes in intact mandarin quality parameters during on-tree ripening can be measured non-invasively using the new generation of portable MEMS-based NIRS sensors, allowing the ripening process to be charted in individual fruits not only in terms of visual appearance, but also in terms of taste- and texture-related features, this being a major step towards the selective harvesting of citrus fruits depending on their final destination.

3.8.2 Análisis de la producción tecnológica

El relación con los otros ámbitos de interés que son materia de este estudio, el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, resulta ser el de menor volumen en términos de la cantidad de documentos de patentes identificados, con 42 documentos de patentes solicitadas y concedidas entre 2013 y 2018. Sin embargo, es el que ha evolucionado de forma más rápida, creciendo más de un 400% en los últimos 5 años.

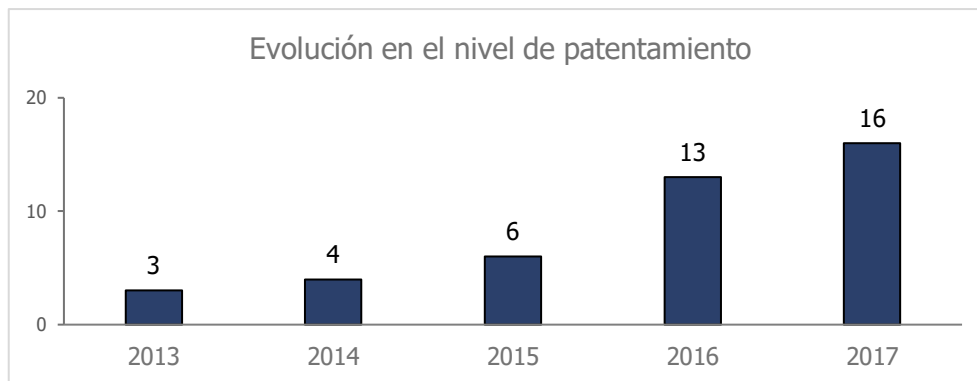


Figura 3.63 Evolución en el nivel de patentamiento para el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, en el período 2013 – 2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

La concesión de patentes sólo se evidencia en los últimos 3 años, mientras que entre 2016 y 2017 se estabiliza el volumen de nuevas solicitudes de patentes, tal como se muestra en la siguiente figura.

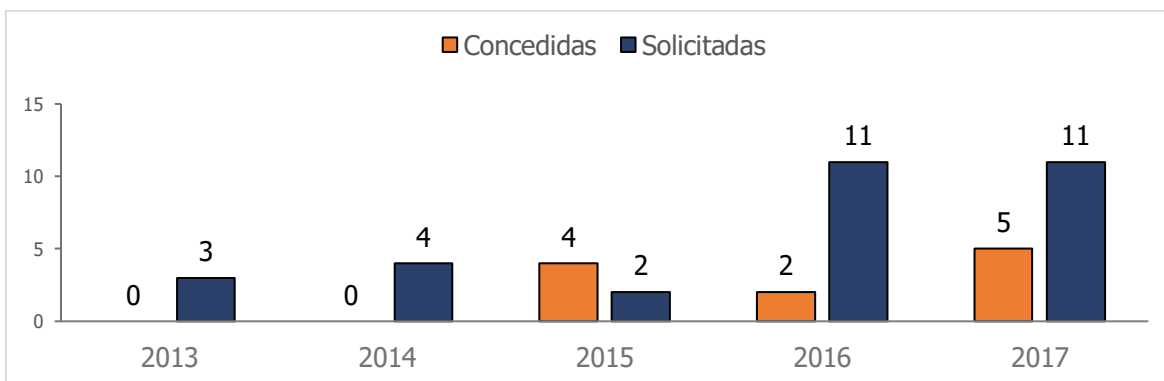


Figura 3.64 Evolución de patentes solicitadas y concedidas para el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, en el período 2013-2017.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.8.2.1 Países líderes

Estados Unidos lidera el patentamiento en este ámbito, concentrando cerca del 60% del total de documentos de patentes identificados para el período 2013 - 2018. Otros países con desarrollos tecnológicos en este ámbito corresponden a Alemania, Japón, Canadá, Australia y Finlandia.

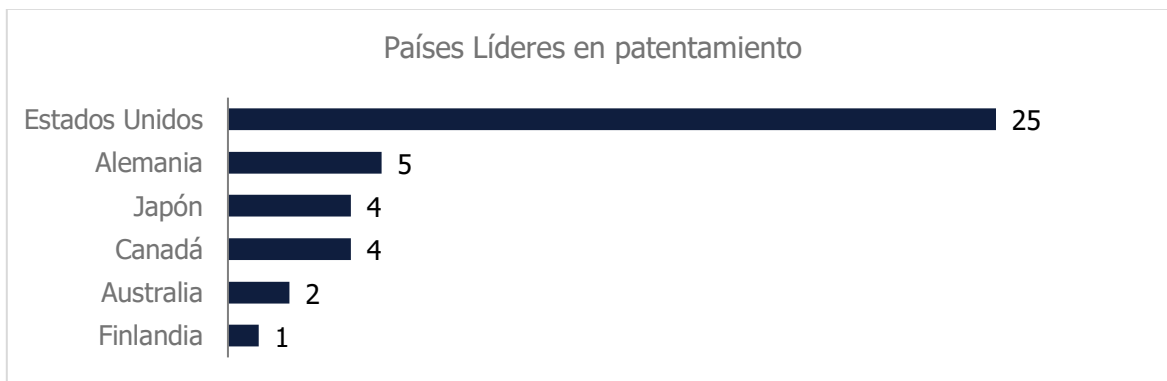


Figura 3.65 Países líderes en patentamiento en el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.8.2.2 Instituciones líderes

Se destaca como líderes en patentamiento a las empresas Deere & Co. (Estados Unidos), Appareo Systems Llc. (Estados Unidos) y la Universidad de Carnegie Mellon (Estados Unidos), tal como se observa en la siguiente figura.



Figura 3.66 Instituciones líderes en patentamiento en el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, en el período 2013-2018.

Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

3.8.2.3 Áreas tecnológicas más patentadas

La tabla 3.8 contiene el listado de los códigos CIP más patentados entre los años 2013 y 2018 para el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, junto con la descripción de cada uno de ellos. Además, se indica la frecuencia de aparición, es decir, la cantidad de documentos de patentes que contienen dicho código en relación a los 42 documentos de patentes identificados en este ámbito.

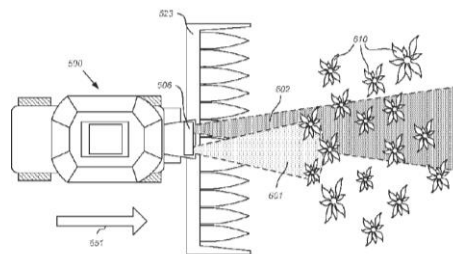
Tabla 3.8 Áreas tecnológicas más patentadas en el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, en el período 2013-2018.

Código CIP	Descripción	Cantidad de patentes
A01D0041127	Disposiciones para el control o medida adaptados especialmente para cosechadoras-trilladoras.	12
G06T000700	Análisis de imagen, p. ej., desde un mapeado binario para obtener un mapeado no binario.	8
G06K000900	Métodos o disposiciones para la lectura o el reconocimiento de caracteres impresos o escritos o el reconocimiento de formas.	6
G06K000952	Métodos o disposiciones para la lectura o el reconocimiento de caracteres impresos o escritos o el reconocimiento de formas. Deduciendo las propiedades matemáticas o geométricas de la imagen completa.	5
G06Q005002	Sistemas o métodos especialmente adaptados para un sector de negocios específico. Agricultura.	4
G01N003300	Investigación o análisis de materiales por métodos específicos.	3

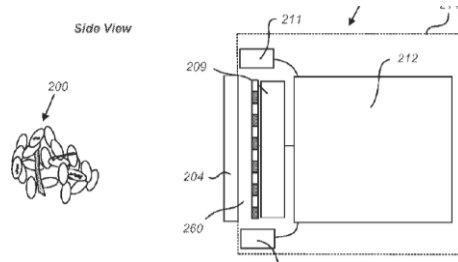
Fuente: Elaboración propia, IALE Tecnología Chile. A partir de Bases de Datos USPTO, EPO y WIPO, 2018.

Tecnologías asociadas a los códigos CIP más patentados

Con respecto a las tecnologías que se clasifican en los códigos CIP más patentados en el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, para el período 2013 - 2018, se destacan nuevas tecnologías asociadas con sensores para medir la calidad. En este sentido, la patente [US9723784B2](#) “Crop quality sensor based on specular reflectance”, solicitada por la empresa Appareo Systems Llc (Estados Unidos), propone un sensor para medir la calidad de la cosecha y que es incorporado en una máquina cosechadora, para lo cual tiene un dispositivo de imagen montado en el elevador de la cosechadora. Posee un software que se ejecuta en un procesador, para analizar una imagen y así identificar el resaltado especular de los contornos y la ausencia de tal resalte especular que es indicativo de un núcleo roto. Se proporcionan el método y el sistema para automatizar una cosechadora que depende de sensores avanzados que pueden detectar y controlar la cantidad y calidad del material que se mueve a través de la cosechadora en cualquier momento. La medición espectroscópica de la fuente de luz permite mediciones altamente precisas que están libres de variaciones ambientales.

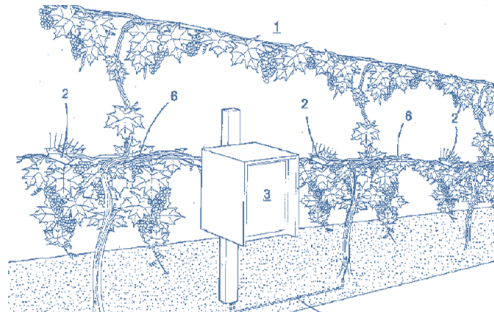


En relación con tecnologías para el análisis de la calidad del suelo, se destaca la patente [US8962336B2](#) “Soil diagnosis and improvement method”, solicitada por The Ritsumeikan Trust (Japón), que propone un método de diagnóstico y mejora del suelo. El diagnóstico del suelo utilizado en el método de control de calidad del suelo implica la determinación de la tasa de reducción de amoníaco, la actividad de generación de ácido fosfórico a partir del ácido fítico (phytic acid), la actividad de formación de potasio del compost y el conteo bacteriano del suelo. Otras tecnologías de la misma empresa, relacionada con el análisis de la calidad en el proceso de pre cosecha, corresponde a las patentes [US9756785B2](#) “Grain quality sensor”, que corresponde a un sensor para media la calidad que comprende un lente, un filtro, una matriz de fotositas (photosite), una fuente de iluminación y un módulo de electrónica, donde el análisis de los datos ópticos se usa para determinar la composición de diferentes partes de la muestra de cultivo. Y la patente [WO2016040960A8](#) “Non-image-based grain quality sensor”, que describe un sensor de calidad que recopila datos para el sistema de automatización de cosechadoras.



Tecnologías asociadas a especies priorizadas

En relación con las tecnologías identificadas en el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, que hacen referencia a algunas de las especies priorizadas, se destaca la patente [EP2789225B1](#) “Improved method and system for the treatment of fruit plants, in particular *vitis vinifera*, with a sound diffusion system”, solicitada por Azienda Agricola il Paradiso di Frassina SRL (Italia), que describe un método para facilitar el tratamiento de *vitis vinifera* con el uso de un sistema de difusión de sonido. Consiste en organizar altavoces de sonido dentro del cultivo y a lo largo de hileras de vides para generar ondas de sonido, que producen estrés acústico. El método permite asegurar un aumento del crecimiento fisiológico de raíces, hojas y frutos como resultado de un estímulo a la acción de la clorofila y la fotosíntesis, una mayor eficiencia en el intercambio gaseoso, lo que permite una mayor resistencia y adaptabilidad al estrés ambiental.



CAPÍTULO 4:

COMENTARIOS FINALES

4 Comentarios finales

Habitualmente los agricultores se basan en la intuición y experiencia para llevar a cabo las distintas tareas del campo, sin embargo hoy en día son cada vez más quienes, gracias al uso de las tecnologías, pueden tomar mejores decisiones. En el entendido que esta transformación digital, plantea importantes desafíos y supone contar con información clara que permita reconocer fortalezas y debilidades sobre la disponibilidad de las tecnologías, el presente informe ha seguido los lineamientos metodológicos de la Vigilancia Tecnológica consistente en un proceso de preparación, búsqueda, captura, procesamiento y análisis de información científico-tecnológica el cual refleja una visión sistemática de diferentes aspectos del conocimiento, incluyendo investigaciones y tecnologías existentes aplicables a la fruticultura. De este modo se tiene lo siguiente:

En relación al Panorama Científico

En términos del desarrollo científico vinculado a tecnologías de información y comunicación, Internet de las cosas y Big Data, con aplicación en la fruticultura, en el período 2013-2017 se identificó un total de 7.337 publicaciones, las cuales muestran un crecimiento sostenido en el tiempo, reflejando con ello un importante interés de parte de la comunidad científica por el desarrollo de trabajos en esta línea. Este desarrollo científico ha venido de la mano de 142 países, donde el líder absoluto corresponde a China con 1.082 publicaciones seguido por Estados Unidos con 750.

En términos de los ámbitos de interés, se tiene lo siguiente:

- Las Energías Renovables para Autoconsumo, corresponde a uno de los ámbitos de interés con menor volumen de información, sólo 103 publicaciones científicas en el período 2013-2017, pero que muestra un crecimiento sostenido en el tiempo. En esta línea se observa que las investigaciones han estado mayoritariamente vinculadas al uso de energía solar en sistemas de irrigación. Por su parte, en cuanto al desarrollo de áreas emergentes, los trabajos han estado orientados al uso de (i) Colectores solares, en invernaderos y para enfriamiento de suelo agrícola, y a la (ii) Cogeneración.
- El mayor número de publicaciones científicas se encuentra asociado al ámbito de Gestión de recursos hídricos, ámbito que además muestra un crecimiento sostenido del número de publicaciones por año. En este ámbito de interés, las áreas relacionadas a humedad del suelo y evapotranspiración corresponden a las de mayor prevalencia en las publicaciones científicas identificadas para los últimos 5 años. A nivel de áreas incipientes se destacan (i) sistemas inteligentes para la optimización de riego, y (ii) Vehículos aéreos no tripulados para estimación de la evapotranspiración.
- El ámbito Nutrición de cultivo y monitoreo de estados fenológicos no muestra una tendencia clara de crecimiento pero se observa un punto alto de producción científica en el año 2016, con 147 publicaciones. En este ámbito se observa

como tendencia emergente la utilización de fertilizantes inteligentes, los cuales liberan nutrientes de forma controlada.

- En cuanto a la evolución del desarrollo científico, el Manejo y control de plagas decrece sostenidamente en los últimos 5 años, aun cuando es el segundo ámbito con mayor número de publicaciones científicas. El mayor interés de los investigadores en el periodo analizado se ha centrado en la utilización de mecanismos de control biológico y agricultura orgánica, mientras que aquellas áreas que despiertan un interés incipiente corresponden a (i) trampa de monitoreo automático, (ii) sistema de tratamiento término para combatir enfermedades en plantas de género citrus, (iii) sistema de detección de RT-PCR múltiple, y (iv) uso de imágenes fluorescentes multicolores para el diagnóstico de infecciones.
- La comunidad científica ha mostrado un importante interés en la línea de Control y protección contra eventos climáticos extremos, lo cual queda reflejado en el desarrollo creciente de este ámbito de interés en los últimos 5 años. Las áreas de investigación que han predominado este trabajo corresponde mayoritariamente a cultivos protegidos ya sea bajo plástico o vidrio. También todo lo relacionado con el resistencia de los cultivos a la sequía y al calor, principalmente.
- La producción científica vinculada a la Estimación de rendimiento y calidad de huertos muestra una tendencia constante en el período analizado con pequeñas disminuciones en los años 2014 y 2017. Como área de investigación incipiente se identificó la fusión de la detección ultrasónica con imágenes captadas por vehículos aéreos no tripulados (UAV).
- La Mecanización de labores agrícolas ha tenido un desarrollo constante los últimos 5 años, mostrando un importante alza en el año 2016 con 171 publicaciones. Los temas de mayor interés para la comunidad científica han estado enfocados a la automatización de tractores y la robotización de las labores de cosecha y poda, principalmente. Algunos de los temas incipientes que se observan como principal tendencia a desarrollar corresponde a (i) tractores robotizados, (ii) método para triturar cascara de nueces y (iii) rociadores electrostático.
- El Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y postcosecha, es el ámbito de interés con menor volumen de información, identificándose sólo 93 publicaciones científicas, y por lo cual no es posible hablar de una tendencia de desarrollo científico. Sin embargo, se observan trabajos principalmente vinculados con cultivos de uva, específicamente sistemas automatizados y en tiempo real para detectar madurez de la fruta en envases, entre otros.

En relación al Panorama Tecnológico

- Se ha identificado un alto volumen de nuevos desarrollos tecnológicos en los últimos 5 años. La cantidad de documentos de patentes (solicitadas y concedidas) aumenta de forma sostenida, con una tasa de crecimiento promedio anual superior al 13%. Esto ha significado que la cantidad de documentos de patentes identificados en 2017 sea un 66% mayor en relación al año 2013.
- Estados Unidos es el país de origen del mayor volumen de nuevas tecnologías. Actualmente concentra más de la mitad del total de patentes solicitadas y concedidas.
- En términos de empresas que patentan, un grupo pequeño de empresas se destaca por el amplio volumen de nuevas innovaciones en el sector. Empresas como Deere & Co., CNH Industrial y Caterpillar desarrollan nuevas tecnologías a un ritmo muy superior al promedio de la industria. Sólo estas 3 empresas concentran más del 13% de todos los documentos de patentes que se han publicado en los últimos 5 años.
- En relación con los ámbitos de interés, el mayor volumen de patentamiento se encuentra en áreas asociadas a la gestión de recursos hídricos y la nutrición de cultivos. Sin embargo, son los ámbitos con menor volumen de patentamiento los que han crecido más rápidamente en los últimos 5 años. Tal es el caso del monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha y la estimación de rendimiento y calidad de huertos.
- Dentro del ámbito Energías Renovables para Autoconsumo, las nuevas tecnologías apuntan principalmente a la incorporación de tecnologías para la generación de energías renovables en sistemas de invernaderos, el uso de energía solar fotovoltaica en invernaderos y al uso de energía renovable para los procesos de irrigación. A la luz de los resultados obtenidos, se observa que el aprovechamiento de la energía solar es una tendencia que se ha desarrollado fuertemente en los últimos 5 años.
- En el ámbito Gestión de recursos hídricos, se han identificado nuevos desarrollos tecnológicos centrados en sistemas de control de irrigación, los sistemas de irrigación de autónomos y/o mediante sistemas inalámbricos y el control integral de los recursos hídricos dentro de una operación agrícola. Los sistemas de automatización han sido incorporados de forma reciente a los procesos de irrigación, así como sistemas de control y monitoreo que apuntan al ahorro de recursos hídricos en los procesos de irrigación y mejorar la eficiencia general en el uso del agua.
- El ámbito Nutrición de cultivo y monitoreo de estados fenológicos se destaca por el desarrollo de líneas tecnológicas asociadas con el control de la nutrición en cultivos, sistemas para la fertilización y monitoreo de crecimiento del cultivo, métodos y sistemas para hacer más eficiente los procesos de crecimiento de los cultivos y métodos y sistemas para hacer más eficiente la fertilización. Hacer más eficiente el proceso de nutrición es una preocupación creciente dentro de este ámbito, que se

expresa en nuevos sistemas de control para determinar el uso exacto de fertilizante dentro de un cultivo. También se observa la tendencia a conocer el estado de crecimiento del cultivo en tiempo real, donde el uso de sensores es una herramienta clave.

- El ámbito Manejo y/o control de plagas y enfermedades se destaca por incorporar nuevas tecnologías asociadas con nuevos sistemas y métodos para el control de tratamientos con pesticidas, sistemas y métodos para gestionar y controlar las enfermedades dentro de una operación agrícola incluyendo sistemas de control en línea y monitoreo in-situ, y sistemas para la gestión integral de plagas y enfermedades en los cultivos, incluyendo el control y monitoreo de plantas, árboles y suelos. Utilizar menos pesticidas, especialmente cuando se trata de productos químicos, es una tendencia creciente dentro del sector agrícola, ya no sólo de la agricultura orgánica, identificándose nuevos desarrollos que apuntan a mantener un monitoreo preciso de las necesidades de pesticidas dentro de una operación agrícola. Además, la automatización de los procesos permite disminuir costos y aumentar los beneficios del agricultor.
- En el ámbito Control y protección contra eventos climáticos extremos se destacan nuevos desarrollos asociados con sistemas y métodos para la protección de cultivos contra eventos de heladas, sistemas y métodos para controlar, monitorear y automatizar invernaderos, y la gestión integral asociados con eventos climáticos potencialmente dañinos para los cultivos como lluvia, granizo, viento, calor, heladas, etc.
- El ámbito Estimación de rendimiento y calidad de huertos da cuenta de nuevos desarrollos tecnológicos asociados principalmente con métodos, sistemas y equipos que involucran el uso de algoritmos para estimar el rendimiento de cultivos, generalmente implementados mediante un computador o dispositivo móvil, y que permiten a los usuarios conocer el estado de rendimiento de un cultivo en tiempo real y de forma continua. Herramientas para comparar los rendimientos que tiene un cultivo en tiempo real con el pronóstico realizado, con clave para mejorar los procesos de toma de decisiones sobre a tiempo, evitando pérdidas.
- En el ámbito Mecanización en labores agrícolas, asociadas a mejorar la gestión predial, se identificaron una serie de tecnologías que involucran nuevos equipos agrícolas que involucran automatización, es decir, equipos, sistemas y métodos para generar procesos agrícolas autónomos y los sistemas de control y automatización para agricultura de precisión. La robotización de la agricultura es una realidad, identificándose una serie de nuevos desarrollos tecnológicos que apuntan a generar procesos de siembra, poda y cosecha de forma autónoma.
- En el ámbito Monitoreo de la calidad durante el proceso de pre y post-cosecha, las tecnologías que han sido desarrolladas recientemente se centran en temas asociados con sensores para medir la calidad de los cultivos, análisis de la calidad del suelo y tratamientos para mejorar la calidad de los cultivos.
- En relación con las tecnologías asociadas a especies priorizadas, el volumen de nuevos desarrollos que tiene un uso específico en algún tipo de cultivo, es reducido.

En general, las patentes no describen su aplicación en términos del tipo de cultivo para el cual han sido desarrolladas. Sin embargo, se han identificado una serie de patentes que mencionan aplicaciones en cítricos, uvas, paltos y nueces, siendo importante tener en cuenta que estas tecnologías no se restringen sólo a estas especies, sino que las mencionan como potenciales aplicaciones. Esto será complementado en la segunda parte del estudio, donde se identificará cuáles de estas tecnologías poseen aplicaciones de mercado para las especies priorizadas en la V región.