



Universidad de San Andrés
Escuela de Administración y Negocios
Magister en Gestión de Servicios Tecnológicos y de
Telecomunicaciones

***“La tecnología de la información como ventaja
competitiva en la producción argentina de
limón”***

Autor: Federico Martín Alberto Viola

DNI: 30.134.625

Director de Trabajo de Graduación: Enrique Hofman

Agradecimientos y dedicatoria

Quisiera agradecer, en primer lugar, a la Universidad de San Andrés por generar el espacio para la Maestría en Gestión de Servicios Tecnológicos y las Telecomunicaciones y permitirme ser parte del mismo. En especial, a Enrique Hofman, como responsable de la misma, pero principalmente por su rol como tutor de la presente tesis, por su incansable dedicación al acompañamiento de su producción y sus oportunos aportes para conformar el trabajo que hoy puedo presentar.

A San Miguel por ser un espacio de trabajo inspirador, del cual surgió la motivación inicial para el tema de esta tesis.

A mis compañeros de maestría con quienes compartimos múltiples momentos que se convirtieron en espacios de crecimiento profesional y personal.

Final, pero principalmente, a mi familia. A Julia y Marina. Por ser el motor, el soporte continuo en las largas horas de trabajo que requirió la producción de esta tesis y por sus sonrisas, que hacen que todo tenga sentido.

Índice

Resumen Ejecutivo.....	8
1 Introducción.....	9
1.1 Justificación.....	9
1.2 Alcance.....	12
1.3 Objetivo.....	13
1.4 Hipótesis.....	13
1.5 Metodología.....	14
2 El limón.....	16
2.1 Historia del limón.....	16
2.2 Evolución y estado actual de la Industria.....	17
2.3 Cadena de valor del limón.....	19
2.4 Business Model Canvas.....	21
2.4.1 Key partners.....	24
2.4.2 Key Activities.....	26
2.4.3 Key Resources.....	27
2.4.4 Propuesta de Valor.....	28
2.4.5 Relaciones con los clientes.....	28
2.4.6 Canales.....	29
2.4.7 Clientes.....	30
2.4.8 Estructura de costos.....	31
2.4.9 Flujo de ingresos.....	32
2.5 Análisis FODA.....	32
2.5.1 Fortalezas.....	32
2.5.2 Oportunidades.....	33
2.5.3 Debilidades.....	33
2.5.4 Amenazas.....	34
2.6 Nivel de adopción tecnológica.....	34
3 Estudio de casos de referencia.....	36
3.1 TracoVino.....	36

3.2	Fibria	39
3.3	Red Tecnoparque Colombia - SENA	40
3.4	Camposol	42
3.5	Salud de las plantas (iArbol)	43
4	Cadena de valor de la citricultura de precisión.....	46
4.1	Desarrollo de IoT	47
4.1.1	IT+OT = IoT	47
4.1.2	El nuevo paradigma.....	48
4.2	El modelo propuesto.....	51
4.2.1	Elementos de captura.....	53
4.2.2	Conectividad.....	74
4.2.3	Procesamiento de la información.....	76
4.2.4	Almacenamiento de la información	77
4.2.5	Exposición de la información de la información	80
4.2.6	Explotación de la información	80
5	Adopción tecnológica en el sector	84
5.1	Elementos de la difusión.....	84
5.2	<i>Innovatividad</i> y categorías de adoptantes.....	86
5.3	La difusión de innovaciones tecnológicas en la industria citrícola argentina	88
6	Perspectivas del sector.....	89
6.1	Creación de valor a partir del modelo de negocio actual.....	89
6.1.1	Propuesta de Valor	91
6.1.2	Actividades Clave	101
6.2	Creación de valor a partir de nuevos modelos de negocio.....	104
6.3	Creación de capacidades que soporten toda la estructura.....	107
7	Conclusiones	¡Error! Marcador no definido.
7.1	Resumen de la investigación	¡Error! Marcador no definido.
7.2	Conclusión Final	¡Error! Marcador no definido.
7.3	Posibles escenarios en el futuro cercano.....	¡Error! Marcador no definido.
8	Anexos	117
8.1	Exportaciones de Limón	117
8.2	Participación de Argentina en las exportaciones de limón del hemisferio sur... ..	118
8.3	Principales exportadores de limón	119
8.4	Principales exportadores de Argentina	120
8.5	Producción de limón	121

8.6	Procesamiento de limón	122
8.7	Producción relativa de limón procesado	123
8.8	Relevancia en Argentina.....	124
8.9	Destino de la producción argentina.....	125
8.10	Distribución de la producción mundial de limón	125
8.11	Principales productores de limón	127
8.12	Rendimiento de la producción de limón	129
8.13	Países con mayor rendimiento en la producción de limón	130
BIBLIOGRAFÍA.....		132



Índice de Gráficos

Gráfico 1 - Porcentaje de gasto total IT respecto a ingresos totales (2010-2015)	35
Gráfico 2 - La influencia del PH del suelo en la disponibilidad de nutrientes	72
Gráfico 3 – Evolución de las exportaciones argentinas de limón en toneladas (1993-2013)	117
Gráfico 4 - Participación relativa de la Argentina en las exportaciones de limón (2000- 2014)	118
Gráfico 5 - Exportaciones anuales de limón de los primeros 5 exportadores mundiales (promedio anual 1993-2013).....	119
Gráfico 6 - Exportaciones anuales de limón de los primeros 5 exportadores mundiales (2013)	119
Gráfico 7 - Participación relativa en las exportaciones de los principales productores argentinos (2008).....	120
Gráfico 8 - Evolución comparado de la producción de limón en toneladas entre Argentina y el resto del mundo (1993-2013)	121
Gráfico 9 - Producción total de jugo concentrado de limón congelado en Argentina en toneladas (1992-2014).....	122
Gráfico 10 - Producción total de Aceite esencial y pulpa de limón congelada en Argentina en toneladas (1996 - 2014).....	122
Gráfico 11 - Participación argentina en la producción de limón procesado respecto al mundo y al hemisferio sur en % (2000-2014).....	123
Gráfico 12 - Volúmenes de fruta producida comparada de las principales producciones del país en toneladas (2001-2014)	124
Gráfico 13 - Evolución de la superficie plantada de limón en la Argentina en hectáreas (2001-2014)	124
Gráfico 14 - Destino del limón producido en Argentina en toneladas (2001-2014)	125
Gráfico 15 - Distribución de la producción mundial de limón (1993-2013).....	125
Gráfico 16 - Distribución de la producción mundial de limón (2013).....	126
Gráfico 17 - Producción anual de limón de los primeros 5 productores mundiales (promedio anual 1993-2013).....	127
Gráfico 18 - Producción anual de limón de los primeros 5 productores mundiales (2013)	127
Gráfico 19 - Evolución comparada de la producción de limón en toneladas métricas entre Argentina y China (1993-2013)	128
Gráfico 20 – Evolución comparado del rendimiento de la producción de limón en Hg por Ha entre Argentina y el promedio Mundial (1993-2013)	129
Gráfico 21 - Rendimiento de la producción de limón en Hg por Ha de los cinco países con mayor rendimiento (Promedio 1993-2013).....	130
Gráfico 22 - Rendimiento de la producción de limón en Hg por Ha de los cinco países con mayor rendimiento (2013)	130

Gráfico 23 - Evolución comparado del rendimiento de la producción de limón en Hg por Ha entre Argentina e Israel (1993-2013) 131



Índice de Ilustraciones

Ilustración 1 - Esquema del complejo citrícola Argentino	19
Ilustración 2 - Business model Canvas para empresa citrícola argentina.....	23
Ilustración 3 - Sensor TracoVino instalado en vid	37
Ilustración 4 - Capturas de aplicación móvil de monitoreo	38
Ilustración 5 - Diagrama Funcional del sistema de monitoreo de cultivos de banana.....	41
Ilustración 6 - Plataforma iArbol para la ciudad de Barcelona	44
Ilustración 7 - Vista de árbol individual en plataforma iArbol	44
Ilustración 8 - La evolución de los paradigmas tecnológicos.....	49
Ilustración 9 - Modelo ISA-95 de automatización y control industrial.....	50
Ilustración 10 - Cadena de valor de la citricultura de precisión.....	52
Ilustración 11 - Tree Grading Map.....	55
Ilustración 12 - Soil Index Map.....	56
Ilustración 13 - Green Vegetation Index.....	57
Ilustración 14 - Imagen satelital con ruta de vuelo de Dron.....	58
Ilustración 15 - Imagen térmica infrarroja de niveles de agua	60
Ilustración 16 - Imágenes térmicas de una planta sana y otra enferma con HLB	61
Ilustración 17 - Sensor Bosch Sensortec para temperatura, presión y humedad	65
Ilustración 18 - WS-3000 (Pluviómetro, Amemómetro y Veleta).....	66
Ilustración 19 - Central meteorológica Vantage pro2.....	67
Ilustración 20 - Sensor de radiación solar	68
Ilustración 21 - Sensor de temperatura de suelo.....	69
Ilustración 22 - Sensor Watermark.....	71
Ilustración 23 - Medidor de la constante dieléctrica "EnviroSCAN"	72
Ilustración 24 - Sensores de diámetro de tallo y fruta.....	74
Ilustración 25 - Diagrama de conectividad	76
Ilustración 26 - Esquema de arquitectura lógica para un Data Warehouse	79
Ilustración 27 - Curva de distribución normal de innovatividad y cortes por categorías de adoptantes.....	87
Ilustración 28 - Ejemplo de mapa de rendimiento por lote productivo sobre plataforma ArcGIS.....	92
Ilustración 29 - Ejemplo de mapa de densidad de plantas por lote productivo sobre plataforma ArcGIS	93
Ilustración 30 - Vehículo de captura de datos de la planta de Agerpoint	95
Ilustración 31 - Imagen de un lote mapeado por Agerpoint	95
Ilustración 32 - Visualización de calidad de aplicaciones GeoAgris.....	97
Ilustración 33 - Diagrama de solución de trazabilidad de Bins	99
Ilustración 34 - Prototipos de robots de Energid.....	103

Resumen Ejecutivo

El potencial de desarrollo actual de la agricultura, apoyado en la creciente demanda de alimentos producto del crecimiento poblacional y de la elevación del perfil de consumidores, se suma al bajo nivel de adopción tecnológica de la industria citrícola, para generar una oportunidad de desarrollo de un sistema que permita capturar los beneficios de la digitalización.

La sociedad de la información en la que vivimos no se ve reflejada en la producción citrícola, la cual presenta múltiples espacios de captura de información en tiempo real. Partiendo de ellos planteamos un posible sistema reflejado en la cadena de valor de la citricultura de precisión.

Dicho sistema toma ventaja de múltiples fuentes de internet de las cosas, sensores, imágenes y video para mejorar la toma de decisiones y proveer automatismos que permitan a la vez la organización industrial de la producción citrícola y un incremento de su productividad.

Palabras Clave: Citricultura, Limón, Agricultura de precisión, IoT, Big Data, Imágenes satelitales, Drones, GIS, Campo conectado

1 Introducción

1.1 Justificación

La agricultura hoy es uno de los sectores mayor potencial de desarrollo del mundo. Por un lado, la creciente demanda originada en el crecimiento poblacional y en la mejora del perfil de consumo de la población en general plantea el desafío de sostener una creciente producción de alimentos.

El crecimiento de la producción, si bien todavía tiene espacio para continuar creciendo por incorporación de tierras a la producción, requiere de sostenidos aumentos en la productividad.

Las Naciones Unidas proyectan un importante crecimiento poblacional que llevaría la población mundial a más de nueve mil millones de personas en 2050 (Zlotnik, 2009) y se observa una occidentalización en el perfil del consumo de la población mundial. Este aumento recaerá en un consecuente aumento de la demanda de alimentos y derivados. En un producto como el limón para el cual, en la actualidad, ya existe un exceso de demanda, esto significa una gran oportunidad y desafío.

La dificultad para incorporar tierras a la producción al ritmo de la demanda supone una presión al desarrollo de mayor eficiencia en toda la cadena de valor para habilitar su maximización. Esta situación se hace aún más evidente en la producción citrícola donde el ciclo de una planta se extiende por veinte años y no solo por una temporada como en los sectores centrados en la producción de cereales.

La tecnología, como veremos más adelante, ha sido relegada en los sectores agrícolas en términos relativos con otros sectores de la economía. Al interior del sector, la industria citrícola se encuentra mucho más relegada si la comparamos con otras ramas más avanzadas como la producción de cereales.

Así, el bajo nivel de adopción tecnológica y las crecientes necesidades de eficiencia e incorporación de valor a la cadena generan una ventana de oportunidad única para el desarrollo de la tecnología aplicada a la producción citrícola.

Actualmente, podemos identificar cuatro mega-tendencias verticales en tecnología, “*Mobile, Cloud Computing, Social y Big Data*”. Esas cuatro se ven cruzadas por una quinta que las incorpora a todas y las vincula al mundo físico de manera autónoma, “*Internet of Things*”

Mobile y Cloud Computing, presentan un elemento clave para la industria y es poder llevar al campo la capacidad de operación digital al movilizar los terminales de los usuarios y eliminar los requerimientos físicos para centros de procesamiento. En el contexto particular de la industria citrícola argentina, esta dimensión aún presenta la amenaza de la pobre conectividad rural, pero entendemos este aspecto como una limitación coyuntural que será fácilmente superada en el futuro cercano.

Social, es normalmente minimizada en su impacto a la producción, vinculando su efecto principalmente a la evolución de las relaciones sociales de las personas y no tanto a la forma en que producen. Coincidimos que en la fase actual de adopción de la industria citrícola, esta rama es la que presenta menos oportunidades de desarrollo y, en consecuencia, potencial de impacto. Sin embargo, cuando se cuenta con una producción “conectada”, los elementos presentes en las redes sociales pueden ser adaptados a plataformas colaborativas de producción tanto, por ejemplo, para la gestión comercial de la producción como para la acción conjunta frente al tratamiento de plagas u otras actividades donde la acción conjunta de los productores tenga un efecto positivo sobre el conjunto.

Big Data es la estrella de las expectativas en torno a su potencial de impacto en la producción agrícola. Esto se debe a la visión de potencial de Big Data. Si se logra liberar este potencial los resultados serán sorprendentes. Mejoras en las estimaciones de rendimiento a través de análisis automatizados de muestras e imágenes. Identificar automáticamente un uso eficiente y estratégico de fertilizantes y pesticidas. Identificar de manera temprana qué producción obtendrá la mejor rentabilidad a la vez que habilita un manejo más eficiente de los inventarios y la

logística. En resumen, maximización de ingresos y reducción de costos, generando una optimización de los beneficios.

IoT o internet de las cosas es el complemento perfecto a las expectativas generadas por *Big Data* para la agricultura. A diferencia de otras industrias, el volumen de datos necesario para explotar el potencial de *Big Data* en la agricultura depende aún de la posibilidad de generar esos datos. Aquí es donde entra internet de las cosas con un valor diferencial para esta industria. Mientras para negocios ya digitalizados como el *e-commerce* la obtención de datos ya está implícita y el desafío de *Big Data* es extraerles valor, para negocios con un importante arraigo al mundo físico el elemento liberador de la utilización de *Big Data* será la posibilidad de conectar ese mundo físico al digital. Este es el punto de entrada de internet de las cosas que no es más ni menos que la integración digital del mundo físico.

Para buena parte de las compañías del sector la práctica standard en adopción de tecnología en aras de maximizar la eficiencia se basa fundamentalmente en la implementación de un sistema *ERP* (*Enterprise Resource Planner*). Los sistemas *ERP* impulsan la optimización de inventarios, la agilidad de los negocios y la mejora en la toma de decisiones a partir de modelos de planificación de la producción e integración de la cadena de suministro.

Según Chandrana (2013), el volumen y la variedad de información a gestionar se está volviendo muy difícil de gestionar por soluciones standard, erosionando la competitividad de las mismas. La *customización*, es decir el ajuste a las necesidades particulares, de los sistemas ERP es un proceso difícil, costoso y, muchas veces, con resultados pobres. Por este motivo, Chandrana asegura que, mientras los sistemas ERP han dotado de mayor eficiencia y agilidad a los negocios, han reducido la flexibilidad, dificultando la habilidad de los negocios a adaptarse a las fluctuaciones.

Entendemos que estas limitaciones del actual nivel de adopción tecnológica deben ser resueltas en tres niveles:

- En primer lugar, al nivel de gestión, espació tradicional de los sistemas *ERP*, a través de la adopción de tecnologías *Mobile* y *Cloud Computing*. Las mismas permitirán mejorar la captura de la información real de lo que sucede, en el momento que sucede. Habilitando a los sistemas *ERP* a contar con información más certera y oportuna.
- Luego, hacia abajo del nivel de gestión, en el nivel operativo, a través de la introducción de tecnología operativa, basándose en la adopción de “*Internet of Things*” favoreciendo la automatización de procesos.
- Por último, hacia arriba del nivel de gestión, al nivel de toma de decisiones, con la incorporación de *Business intelligence* y *Big Data*, que habilitará procesos donde los datos de toda la cadena de producción converjan, se relacionen y habiliten un proceso de toma de decisiones basado en la optimización.

Así, partiendo del entendimiento de estos tres niveles, planteamos las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo puede Business Intelligence / Big Data contribuir a la mejora en la toma de decisiones sobre todas las etapas y procesos en la cadena de valor del limón en la Argentina?
- ¿Qué beneficios se obtienen de contar mayor nivel de exactitud y oportunidad en la disponibilidad de información en la cadena de producción del limón en la Argentina?
- ¿De qué manera puede, la tecnología operativa / *Internet of Things*, contribuir a mejoras de productividad a través de la automatización en la producción del limón?

1.2 Alcance

El presente trabajo de investigación se centra en la descripción de la cadena de valor del limón con foco en su fase primaria, es decir la producción de fruta en finca. Si bien incluiremos en el análisis elementos propios de las etapas posteriores, como

el procesamiento, empaque y comercialización, no estarán en el foco principal de las oportunidades analizadas.

Exploraremos las tecnologías disponibles para la obtención de información útil y oportuna, así como las tecnologías para la explotación de dicha información permitiendo potenciar la toma de decisiones.

1.3 **Objetivo**

El presente trabajo de investigación se ha planteado como objetivo principal:

- Describir los impactos más significativos en la producción del limón de la adopción de las nuevas tendencias tecnológicas, con foco principal en *Business Intelligence / Big Data* y la automatización de la producción / *Internet of Things*.

Así mismo se plantea como objetivos secundarios:

- Detectar oportunidades sobre la cadena de valor del limón, con foco en la etapa primaria.
- Identificar grado de adopción actual y potencial en la Argentina.

En la búsqueda de respuesta a las preguntas de investigación y con miras a lograr los objetivos que nos hemos planteado para este trabajo trabajamos con diferentes fuentes de información, las cuales detallamos en el apartado metodológico de esta sección.

1.4 **Hipótesis**

Sostenemos que el crecimiento de los negocios se obtiene a través de la toma de decisiones basada en la optimización del beneficio.

El camino para llegar supone la capacidad de captura de los datos de manera objetiva y oportuna, como suceden y en el momento que suceden.

El desarrollo de la habilidad para transformar esos datos en información que se pueda convertir en conocimiento, es lo que habilitará la capacidad buscada.

Este eficaz proceso de toma de decisiones permitirá, apalancándose en elementos como *Internet of Things*, automatizar el correlato operativo de estas decisiones, maximizando la agilidad.

En el caso de la producción citrícola argentina, existen numerosas oportunidades en cada una de las etapas comentadas. Estas oportunidades nos habilitan a plantear las siguientes hipótesis para este trabajo:

- El uso de *Business Intelligence / Big Data* mejora la toma de decisiones, beneficiando la cadena de valor del limón en la Argentina.
- El desarrollo tecnológico habilitará la organización y automatización industrial de los procesos agrícolas de la producción del limón.

1.5 Metodología

El presente, debe ser considerado un trabajo de tipo exploratorio evaluativo ya que intenta explorar la disponibilidad tecnológica actual y evaluar la potencial conformación de un ecosistema que cumpla los efectos descriptos en los objetivos de esta tesis.

Trabajamos con distintas fuentes de información, entre las cuales podemos destacar:

- Información estadística disponible como sustento al análisis del modelo de negocio y la situación actual de la industria.
- Información de tendencias y productos como fuente de referencia técnica para evaluación de la tecnología disponible.
- Estudios y *papers* académicos para contribuir al marco teórico de análisis de las problemáticas planteadas.
- Estudio de casos como elemento de comprobación de la efectividad de la aplicación de la tecnología a los efectos descriptos en la hipótesis de trabajo.

La metodología utilizada es de triangulación, ya que emplearemos de manera complementaria métodos cuantitativos y cualitativos con el fin de cumplir los objetivos planteados.



2 El limón

2.1 Historia del limón

Los cítricos tienen su origen hace aproximadamente unos 20 millones de años en Asia oriental, en una zona que abarca desde la vertiente meridional del Himalaya hasta China meridional, Indochina, Tailandia, Malasia e Indonesia.

El limonero, particularmente, fue introducido por los árabes en el área mediterránea entre los años 1.000 a 1.200. Posteriormente, se introduce en América en el siglo XVI durante la conquista llevada adelante por españoles y portugueses. (Agustí, 2004)

En la Argentina el principal producto del complejo citrícola es el limón, con el 48% de la producción, asimismo Tucumán es la principal provincia productora concentrando el 85% del total producido en el país (MECON, 2011).

Desde mediados de la década del 80 del siglo pasado, Tucumán experimentó un crecimiento sostenido de la producción del limón, que continuó profundizándose durante la década posterior. Es en este período donde el limón recibe el principal impulso de crecimiento, tanto en superficie cultivada junto con un incremento en los rendimientos. Niveles que se mantienen crecientes desde entonces, pero con una tasa menor de tendencia. (Gráfico 13, Gráfico 20)

El limón es un producto de exportación, tanto en su forma primaria, como fruta fresca, como en su fase industrial (Aceite esencial, jugo concentrado, cáscara y otros subproductos). Para el complejo en sí el consumo interno es prácticamente irrelevante. Se limita principalmente a la fruta fresca y con un peso marginal sobre el total de la producción.

2.2 Evolución y estado actual de la Industria

La citricultura es una importante actividad cuya producción y comercialización se encuentra determinada por el factor de estacionalidad, dando lugar a mercados de estación y contra estación. Esta particularidad ha favorecido el desarrollo de la Argentina como un proveedor confiable para los mercados del hemisferio norte durante la primavera/verano boreal.

Siguiendo las últimas estadísticas disponibles, el hemisferio norte domina la producción de cítricos, en particular para la producción de limón concentra el mayor porcentaje de la producción del mismo; el resto de la producción se concentra en pocos países del hemisferio sur donde la Argentina concentra el 80% de la producción del hemisferio. Enfocándose en los derivados industriales del limón, la participación argentina aumenta a un 95%, siendo líder absoluto del hemisferio en este segmento, cubriendo cerca del 50% de la producción mundial de derivados industriales. (Ver Gráfico 11)

A pesar de tratarse de una economía regional y de poco peso relativo comparada con el complejo de cereales del país, al interior de la república Argentina, los cítricos tienen una importancia relativa considerable dentro del complejo frutihortícola del país. Así, en comparación a otros tipos de cultivos frutales, como las manzanas, peras y duraznos, entre otros, los cítricos dominan el volumen producido en la Argentina. (Ver Gráfico 12)

Este importante rol como productor a nivel mundial excede en exceso los requerimientos del mercado interno, el cual, si bien a nivel consumo per cápita es relevante, en volúmenes es exiguo respecto a los volúmenes producidos. (Ver Gráfico 14) En función de esto la viabilidad del desarrollo de la industria local depende de la capacidad argentina de colocar su producción en el mercado internacional.

Las exportaciones argentinas de limón han tenido un importante crecimiento en los últimos veinte años, llegando casi a triplicar el volumen exportado (Ver Gráfico 3). Sin embargo, si vemos ese avance en términos relativos al volumen de contra estación exportado por todo el hemisferio sur veremos que su participación relativa

paso de estar entre el 70/80% del hemisferio a inicios del siglo para pasar a representar entre el 40/50% en 2014 (Ver Gráfico 4), dando lugar al crecimiento relativo de otros países del hemisferio, entre los que se desataca la República de Sudáfrica (Ver Gráfico 6).

Esta pérdida de participación relativa en el mercado internacional tiene su correlato en la baja tasa de crecimiento de la producción en términos relativos al crecimiento mundial. (Ver Gráfico 8)

El crecimiento de la producción puede venir determinado por dos variables principales: la superficie cultivada y el rendimiento de producción por hectárea.

Las características geográficas óptimas para la producción del limón encuentran en el pedemonte tucumano un magnífico reflejo. Estas características propias de la zona hacen que la Argentina tenga un excepcional rendimiento en volumen por hectárea plantada. (Ver Gráfico 20) Esto hace que la mayoría de la producción se concentre en esa zona, pero a la vez no se desarrollaron otras zonas, que aunque con menor rendimiento relativo podrían aportar volumen de valor. Esto se evidencia en la falta de crecimiento de la superficie cultivada (Ver Gráfico 13).

La falta de incorporación de tierras tampoco fue acompañada por un aumento sensible del rendimiento por hectárea. A pesar de las condiciones naturales excepcionales, en términos relativos la Argentina pierde terreno frente a otros países (Ver Gráfico 21 Gráfico 22). Si evaluamos a la Argentina en términos relativos con Israel, el país que mejor performance tuvo en aumentar su rendimiento durante los últimos años, podremos observar que en esta dimensión hubo una gran oportunidad no aprovechada por Argentina. (Ver Gráfico 23)

Así vemos que, con una superficie cultivada estable, y una tasa de crecimiento de la productividad menor a la de países competidores, la Argentina fue perdiendo terreno en el comercio internacional.

La posición actual privilegiada hace que la Argentina esté a tiempo de revertir esta situación. Sostenemos que el foco debe estar en el aumento de la productividad, lo que no solo aumentará la producción de la superficie actualmente plantada, sino

que potencialmente hará viable la extensión de plantaciones a otras áreas hoy destinadas a otros fines.

Las soluciones tecnológicas objeto de estudio de este trabajo de investigación presentan grandes oportunidades de ganancias de productividad.

A continuación profundizaremos el análisis de la cadena de valor del complejo citrícola con el objeto principal de identificar las secciones en las cuáles nuestras hipótesis pueden cobrar validez.

2.3 Cadena de valor del limón

El complejo agroindustrial limonero se articula, principalmente, sobre empresas grandes que integran verticalmente la totalidad del proceso productivo. (Producen, empaacan, procesan y exportan).

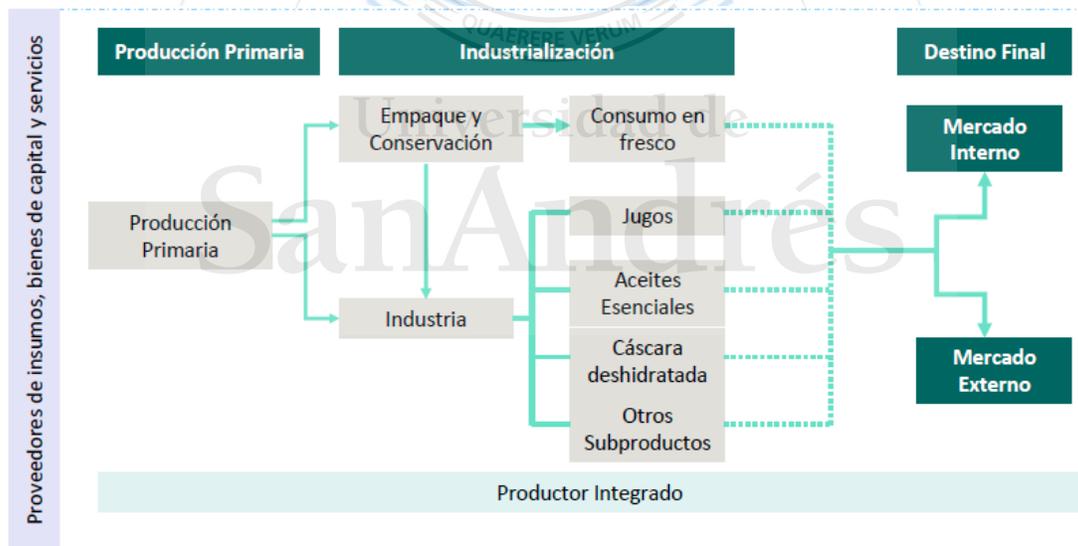


Ilustración 1 - Esquema del complejo citrícola Argentino¹

La producción primaria difiere significativamente de las producciones agrícolas más tradicionales en Argentina que se concentran en cereales y son procesos de una

¹ Extraído de “Complejo Citrícola: Limón” (MECON, 2011)

temporada de duración. La producción del limón, en cambio, inicia en el vivero donde comienza el diseño de la planta que será plantada en el campo dos temporadas después de iniciada su vida en el vivero. Una vez plantada en campo la planta requiere otras cuatro temporadas para alcanzar status productivo, llegando a su pico de productividad a los diez años en campo y retirándose de la producción tras veinte a veinticinco años de producción. Así vemos que la fase primaria supone extensos ciclos de renovación, por lo que el impacto de las decisiones tomadas tiene una duración sostenida.

La fase industrial de la producción del limón consta de dos caras principales: el empaque de fruta fresca y el procesamiento de alimentos. Los diferentes precios relativos en los mercados internacionales entre la fruta fresca y los derivados industriales inclina la balanza hacia la primera opción. Sin embargo, los estándares de calidad internacionales de fruta fresca implican que un bajo porcentaje de la fruta cosechada pueda destinarse a este fin. En Argentina, aproximadamente el 30% de la producción se empaqueta para exportación como fruta fresca y el resto es procesado para la generación de productos derivados.

La última etapa de la cadena corresponde a la comercialización, la cual se da en los mercados internacionales. La comercialización de fruta fresca se da bajo un marco de *commodity trading*, mientras que en los alimentos procesados las empresas del complejo buscan lograr cierto nivel de diferenciación a través de la producción de especialidades adaptadas a las necesidades de los clientes.

Toda la cadena en Argentina posee una altísima integración vertical en pocos productores que concentran la mayor parte de la producción, en todas sus fases, incluida la comercialización.

La estrategia de crecimiento de las empresas atravesó diferentes etapas. En primer lugar se desarrolló la integración vertical. Luego, se produjo la concentración del capital en las fases primaria y de producción industrial. Por último, los principales productores locales desarrollaron lazos comerciales con importadores y distribuidores de gran escala en los países de destino de la fruta fresca y los alimentos procesados. Esta última estrategia permitió a los productores mantener

el control del mercado de la materia prima y de los canales de comercialización del producto, tanto en el mercado interno como en el internacional.

El grado de concentración es alto, tres empresas (San Miguel, Citrusvil y Citromax), concentran cerca del 50% de las exportaciones. (Gráfico 7)

El grado de concentración e integración, revaloriza el análisis para los principales productores con una repercusión representativa a la cadena de valor.

2.4 Business Model Canvas

Una perspectiva complementaria a la cadena de valor de la industria para comprender acabadamente el negocio citrícola en la Argentina es la que propone el *Business Model Canvas* (lienzo de modelo de negocio).

El *Business Model Canvas* es una metodología basada en una plantilla para desarrollar o documentar modelos de negocio a partir de un gráfico visual.

Para nuestro trabajo, hemos tomado la perspectiva de una compañía citrícola principal, es decir de alguna de las que opera a lo largo de toda la cadena de valor citrícola. Esta decisión se debe a dos factores principales.

Por un lado, que son estas empresas, por escala, las que pueden impulsar el cambio tecnológico en el sector. Por el otro, que, a los efectos del presente trabajo la posibilidad de describir el modelo de negocio operando a lo largo de toda la cadena enriquece el análisis por no limitarlo a una actividad específica. Si bien nuestro foco de análisis está en la actividad primaria, la concepción integral del modelo de negocio favorece la comprensión de los objetivos de esa actividad primaria.

Obviamente es viable pensar en modelos de negocio válidos dentro de la industria que se limiten solo a una o algunas de las facetas descriptas. Por ejemplo productores de fruta que solo se encargan del mantenimiento agrícola y la cosecha; plantas exclusivas de empaque; plantas de procesamiento que compra toda la fruta que produce y no tiene sus propios canales comerciales, incluyendo uno bastante difundido, el *trader* que simplemente compra y vende producto en alguna de las

instancias de la cadena. Decidimos no focalizarnos en los modelos de negocios parciales porque a los efectos de análisis entendemos que el mucho mejor verlo como sistema y, por otra parte, como profundizaremos más adelante, desde una perspectiva de adopción son estas compañías las que pueden motorizar estos cambios.



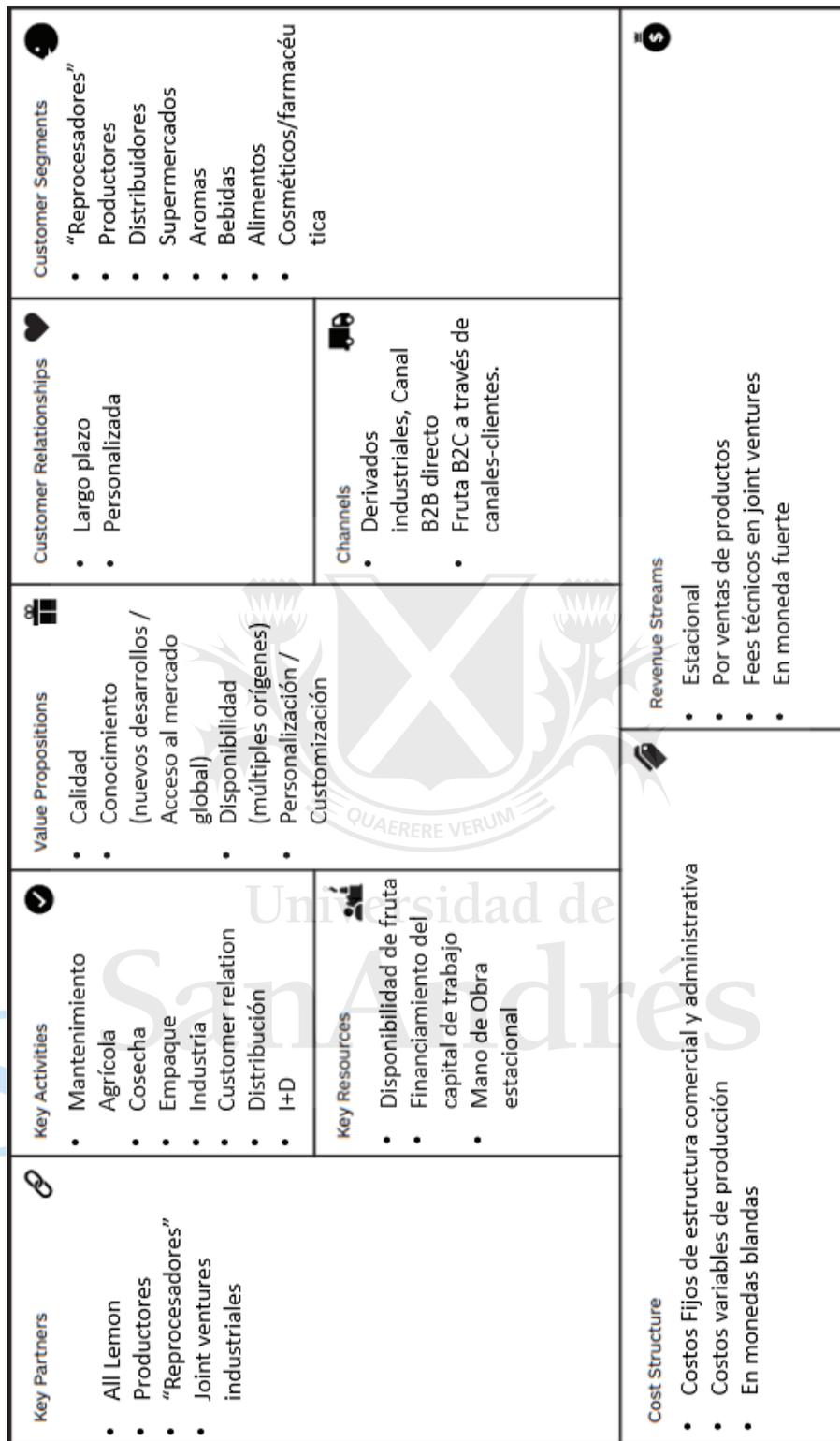


Ilustración 2 - Business model Canvas para empresa cítrica argentina²

² Elaboración propia

2.4.1 Key partners

Las alianzas claves para una empresa del sector se empezaron a desarrollar cada vez más bajo el criterio de *coopetition*.

La cooperación en competencia surge de la evolución de la perspectiva tradicional donde el “ganador toma todo” hacia una de las economías en red donde los jugadores deben cooperar y competir al mismo tiempo. Al analizar las alianzas clave de una empresa citrícola argentina entendemos que este modelo de relación ha calado hondo en esta industria.

2.4.1.1 All Lemon

All Lemon nació en 2009 como un sello único para avalar la calidad de los limones argentinos de exportación. Si bien no nos encontramos frente a una denominación de origen controlada en su sentido pleno, el sello de calidad de *All Lemon* funciona de manera similar, ya que certifica a las empresas argentinas con origen de producción en Tucumán, de donde provienen los mayores volúmenes de limón en el país.

All Lemon audita a las empresas participantes en términos de calidad para garantizar que el proceso de selección se adecúe a los protocolos de calidad desarrollados por la institución.

En un mercado altamente regulado en los países centrales y con altos requerimientos de calidad, el trabajo conjunto para garantizar el sostenimiento de esa calidad y, en consecuencia, el acceso a los mercados, es un interés común.

2.4.1.2 Productores

Dentro de este grupo ubicamos a todos aquellos productores de cítricos que necesitan el acceso a los mercados de exportación, pero a la vez, por falta de tamaño o experiencia, no cuenta con la posibilidad de gestionar la relación comercial

y logística que implican estos mercados. Por ello contar como socio-canal a una empresa que pueda ejecutar la comercialización de sus productos es clave.

Pueden ser productores que se especialicen exclusivamente en la producción primaria y entreguen la materia prima para su procesamiento o también aquellos que cuentan con capacidad de procesamiento industrial o empaque y entreguen el producto terminado para su comercialización. En este segundo caso, el rol de la compañía se limita al de trader, el cual, como vimos, también es un rol que puede manejarse como un modelo de negocio específico.

Desde la perspectiva de nuestro modelo, la existencia del productor también es clave dado que provee la materia prima para la producción, la cual en la actualidad siempre se presenta como escasa de acuerdo a los requerimientos de demanda.

En el caso que provea producto terminado, las actividades y los márgenes resultantes son distintos, pero el efecto de complemento clave para la oferta sigue tomando parte.

2.4.1.3 *Reprocesadores*

Son compradores de fruta embalada en los mercados de destino, se trata de un cliente más, pero con un valor clave para el desarrollo del negocio cítrico.

En primer lugar por el volumen negociado con este tipo de comercializadores locales. En segundo lugar porque favorecen la regulación de la demanda.

Los requerimientos de los clientes normalmente tienen un grado de especificidad en variedad, tamaño y otras características. Para el armado de los pedidos de los clientes es necesario seleccionar una parte de la producción de materia prima.

Los avances en la planificación favorecen adecuar lo más posible la producción a la necesidad de los clientes, sin embargo el hecho de tener como input principal una materia prima natural expone al negocio a tener fruta con calidad de exportación, pero con alguna característica para la que no hay demanda en ese momento específico (por ejemplo el tamaño). Dado el carácter perecedero de la fruta, una vez

cosechada, debe ser empacada y luego comercializada. Los reprocesadores, en general, son capaces de absorber esta oferta. Obviamente el margen tiende a ser menor, pero se mantiene por encima del margen resultante de enviar a procesamiento industrial fruta de calidad exportable.

2.4.1.4 Joint Ventures industriales

Como vimos, la producción de fruta fresca da como resultado un importante volumen de fruta no apta para la exportación en fresco, pero de alta calidad como materia prima industrial. Por este motivo los principales productores argentinos desarrollaron el modelo industrial y fueron pioneros en esta línea.

Pensando en la posibilidad de replicar el modelo en otros países o, en la extensión local, reduciendo los requerimientos de inversión de capital, la posibilidad de asociarse con empresas que aporten la infraestructura industrial para el procesamiento, aparece como una buena opción. La empresa citrícola provee el suministro de fruta y los canales comerciales y de distribución y el socio industrial la planta de procesamiento.

Se puede observar las múltiples combinaciones entre las tres actividades principales (primaria, empaque y procesamiento) que pueden ser combinadas bajo este modelo.

2.4.2 Key Activities

Las tres actividades principales (primaria, empaque e industria) y su interrelación fueron explicadas en el marco de la cadena de valor de la industria.

Aun así, a los fines del modelo de negocio, entendemos que es necesario separar la actividad primaria en la actividad agrícola y de cosecha, ya que en la actividad citrícola el impacto de las tareas agrícolas afecta los resultados de esta cosecha, pero tiene un impacto en las cosechas futuras, a diferencia de otras industrias agrícolas donde ambas actividades componen un ciclo anual.

Así mismo, vemos importante incorporar las actividades de relacionamiento comercial, por un lado, dado su valor en el mantenimiento de relaciones de largo plazo con los clientes. Por otra parte, la distribución, dada su complejidad y elemento clave en la relación con los clientes.

Por último, la investigación y desarrollo es la que favorece el desarrollo de las opciones industriales y la consecuente *descomoditización* del producto resultante a partir de las opciones diferenciales que se pueden desarrollar.

2.4.3 Key Resources

El recurso clave por excelencia es la fruta. Sin fruta no hay negocio. Por este motivo la disponibilidad de fruta es el elemento crucial.

En ese sentido las actividades productivas primarias, de mantenimiento agrícola y cosecha, son las garantes de este recurso clave en primer término, pero también cumplen un rol importante en esta dimensión los socios productores que proveen materia prima y/o producto terminado.

En segundo término, la producción citrícola es mano de obra intensiva. La cosecha es manual, así como gran parte del proceso de selección y empaque. Tanto estas actividades aún no automatizadas, como las que han ido viendo reemplazado al trabajo manual por el automático, los requerimientos de mano de obra son estacionales, porque el cítrico es un producto de temporada. Por este motivo hacia el inicio de la temporada es clave conseguir todo el personal necesario para la correcta ejecución de las actividades.

Por último, el acceso al financiamiento del capital de trabajo es crucial. La dinámica del modelo de negocio hace que requiera grandes erogaciones de dinero para los insumos productivos y la mano de obra, desde el inicio de las actividades agrícolas, incrementándose de manera radical en el inicio de la cosecha y la producción, mientras los ingresos por ventas no se materializarán hasta después de la mitad de la temporada.

2.4.4 Propuesta de Valor

La propuesta de valor viene de la mano de la descomoditización del producto. Es la respuesta a qué elementos puede ofrecer una compañía particular para diferenciarse del resto con un producto agroindustrial.

La calidad es el primer elemento en ser considerado. Aunque a veces esto puede ser trabajado a partir del origen como vimos en la propuesta de *All Lemon*. Es algo que compañías con procesos de internacionalización pueden ofrecer como un valor desde múltiples orígenes.

El conocimiento es un elemento clave en dos dimensiones. Para los clientes/socios, por ejemplo los productores, el conocimiento del mercado y el consecuente acceso al mismo es el elemento principal de la oferta de valor para ellos. En el caso de los clientes que consumen los productos industriales, el conocimiento se manifiesta en nuevos desarrollos que permiten nuevas oportunidades para ellos y también en la posibilidad de personalizar el producto de acuerdo a sus necesidades específicas.

Por último, un elemento importante en la propuesta de valor y que toma dimensión de la natural evolución internacional que toma este negocio es la garantía de disponibilidad. Si la compañía puede abastecerse de múltiples orígenes manteniendo las características de su oferta puede garantizar a sus clientes la disponibilidad de producto, independientemente de las condiciones que puedan haber ocurrido en un origen u otro.

2.4.5 Relaciones con los clientes

La relación con los clientes busca ser de largo plazo y personalizada. El largo plazo favorece la previsibilidad del negocio y al cliente le favorece el hecho de conocer la disponibilidad de sus necesidades.

Un ejemplo claro son las empresas de bebidas que requieren visibilidad de largo plazo de la disponibilidad de los insumos para su producción proyectada para los próximos años y esto solo se logra con acuerdos de largo plazo.

Así también, la personalización de la relación se manifiesta de una doble manera. Por un lado desde el trato personal que reciben los clientes en la gestión de la relación comercial. Pero fundamentalmente a partir de la posibilidad de escuchar en ese marco y adecuar la oferta del producto a partir de la personalización.

2.4.6 Canales

Para el análisis de los canales podemos considerar que el negocio de fruta fresca como un negocio *B2C*, ya que el producto ofrecido es el final que le llega al consumidor y los productores principales lo hacen con su propia marca que luego es comercializada, aunque no hay un desarrollo de marca significativo en la industria, ni conocimiento del valor que los consumidores podrían asignarle a la misma.

En contraposición el negocio industrial es completamente *B2B* y completamente transparente para el consumidor que no valora quién está aportando este tipo de insumos para la producción.

2.4.6.1 B2C

En el segmento de fruta se aprovechan todas las modalidades tradicionales de canales con excepción del directo. Tampoco parece demasiado factible su desarrollo en el mediano plazo. Fuera de este canal los diferentes niveles son manejados a través de distribuidores, de *retailers*, etc.

El desarrollo de las marcas propias es un desafío para las compañías que ofrecen cítricos. Hoy no está desarrollado al nivel de otras frutas por lo que se trata de una oportunidad a desarrollar de manera que se profundice el modelo *B2C* y no se trate de un mero *commodity* que luego es revendido de manera indiferenciable.

2.4.6.2 B2B

Aquí la relación es casi exclusivamente directa. El origen de esto lo explicamos más arriba hoy no hay una conciencia en los consumidores que puedan identificar los derivados del limón como insumos industriales que valoricen el producto final que están adquiriendo. Por eso el elemento clave es la valoración de la empresa cliente que utiliza el insumo. Al ser en su mayoría productos adecuados a las necesidades productivas específicas de la cadena del cliente, es el canal directo el que se ha desarrollado en mayor potencia.

2.4.7 Clientes

Podemos identificar tres grupos principales de clientes, los clientes-socios, los de fruta fresca y los de insumos industriales.

2.4.7.1 Clientes-socios

Se trata de los reprocesadores y los productores. La relación con estos la tratamos profundamente en la sección de socios estratégicos. Aquí podemos verlos desde su lugar de clientes, los primeros porque en definitiva compran el producto y son destino de una parte importante de la producción y los segundos porque el porcentaje de margen que entregan lo hacen en función de uno o varios servicios que reciben como el empaque, la explotación industrial y la comercialización y distribución de la producción.

2.4.7.2 Fruta fresca

Los clientes de fruta fresca son los intermediadores entre la compañía y el consumidor y podemos clasificarlos en dos tipos principales. Los distribuidores, que son los que revenderán a otros comerciantes de venta directa al consumidor y los supermercados o cadenas de *retail* quienes llegan directamente al consumidor.

Desde ya que en esta categoría también entrarían los reprocesadores, pero dado el peso en el desarrollo del negocio como socio clave fue categorizado en el punto anterior.

2.4.7.3 Insumos industriales

Dentro de esta categoría podemos compartimentar los clientes entre varios subsegmentos.

Las empresas de alimentos y bebida que utilizan el jugo, la pulpa o el aceite en la fabricación de sus productos.

Por otro lado las empresas de aromas y fragancias que toman los insumos como elemento en la producción de aromas para la industria alimenticia y fragancias para la industria cosmética.

La pectina que se extrae de la cáscara cítrica es también un elemento de consumo por la industria farmacéutica, que completa este grupo de clientes.

2.4.8 Estructura de costos

La estructura de costos varía mucho si hacemos foco en alguna de las actividades puntuales dado que hay particularidades de la estructura de costos agrícola de aquella de una empacadora, por ejemplo.

Sin embargo, si consideramos la cadena completa, siguiendo el caso de una empresa integrada verticalmente como la que consideramos para el análisis del modelo, podemos considerar algunas características generales.

Los costos fijos se extraen de la estructura comercial y administrativa, así como del consumo de los activos fijos. Los dos primeros no poseen un peso relativo significativo, mientras que el costo de los activos tiene un peso considerable.

Los costos variables surgen de la producción y tienen un alto componente de mano de obra y materia prima.

La estructura de costos en general se encuentra fijada en moneda blanda por depender de economías periféricas como la argentina, lo que, en general, se convierte en una ventaja derivado de que la producción es exportable en su totalidad.

2.4.9 Flujo de ingresos

El flujo de ingresos principal es por venta de producto terminado. Una de las características principales, como anticipábamos en la sección de recursos clave, es la estacionalidad de los ingresos a partir de la mitad de la temporada de cosecha.

Hay otros ingresos de menor peso como los *fees* técnicos o comerciales en los *joint ventures*, pero su peso relativo es menor.

En contraposición a la estructura de costos, los flujos de ingreso son en moneda fuerte lo que, normalmente, es una ventaja frente a una estructura de costos en moneda débil. Sin embargo en contextos excepcionales como los años recientes de la Argentina con alta inflación en la estructura de costos, sin devaluación de moneda que acompañe esto puede traducirse en perjuicio. Más allá de eso no se presenta como la regla y en general debiera manifestarse como ventaja.

2.5 Análisis FODA

Como complemento a las visiones presentadas en la cadena de valor y en el *canvas* del modelo de negocio describimos a continuación un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas) del sector con el cuál esperamos completar el análisis de las variables con impacto en el desarrollo de la estrategia del sector.

2.5.1 Fortalezas

- Tradición frutícola regional. Presencia de factores básicos de producción.
- Capacidad para producir frutas en cantidad y con excelente calidad.

- Producción en contra estación lo que facilita ubicar la mercadería en los mercados internacionales.
- Favorables condiciones agroecológicas para el desarrollo de frutas cítricas en Tucumán.
- Existencia de programas que fomentan la erradicación de plagas y enfermedades.
- La provincia de Tucumán se encuentra libre de HLB (Huanglongbing).
- Localización industrial cerca de las fincas de producción.
- Integración agroindustrial y comercial.
- Importante reconocimiento internacional de la calidad del limón tucumano.

2.5.2 Oportunidades

- Introducir los cítricos nacionales al mercado de Estados Unidos donde superamos ampliamente la calidad de fruta local.
- Profundización de la inserción en los mercados japonés y chino.
- Aumento del consumo de subproductos de la industrialización.
- Desarrollo de nuevos usos del limón para abrir nuevos mercados.
- Potencial de crecimiento en el mercado interno.
- Aumento del consumo internacional de fruta fresca.

2.5.3 Debilidades

- Gran distancia de la zona de producción al puerto y de este a los mercados de destino, lo que genera elevados costos en flete y complejiza la operación logística.
- Altos costos fijos.
- Mano de obra conflictiva y eventual.
- Presencia y amenaza de plagas y enfermedades que pueden limitar el ingreso a mercados con altas exigencias sanitarias (cancrosis y HLB)
- Falta de planificación de producción y comercialización.

- Falta de desarrollo de una política de marketing conjunta entre el sector privado y el estado nacional.
- Falta de seguridad jurídica y planificación impositiva.
- Ausencia de campañas nacionales que promuevan el consumo en nuestro país y las bondades del limón.

2.5.4 Amenazas

- Sanidad.
- Caída de precios internacionales.
- Crecimiento de países proveedores de fruta fresca ubicados en el Hemisferio Sur, como son Brasil, Sudáfrica, Perú, Australia, Uruguay y Chile.
- Mayores barreras arancelarias y no-arancelarias por parte de los mercados europeos.

2.6 Nivel de adopción tecnológica

Para comprender la relevancia de la tecnología de la información en una compañía determinada o sector de la economía se llegó a la conclusión que una única métrica no era suficiente, porque ninguna cuenta por sí misma la historia completa. Es por esto que *Gartner* (www.gartner.com) acuñó el concepto de *Intensidad IT*. La propuesta es no utilizar un indicador determinado para comprender la relevancia de IT en la empresa o sector, sino combinar la comparación del gasto total en IT (considerado como inversión más gasto operativo) contra el ingreso total.

En esta sección analizaremos la Intensidad IT del agro en términos comparativos a otras industrias, en las cuales la tecnología hace años se ha convertido en el principal sustento de sus servicios. Las industrias seleccionadas son Banca, Telecomunicaciones y Medios.

Una primer medida de relevancia de la tecnología de la información nos la puede dar el peso del gasto total (inversión más gasto operativo) sobre el ingreso total.

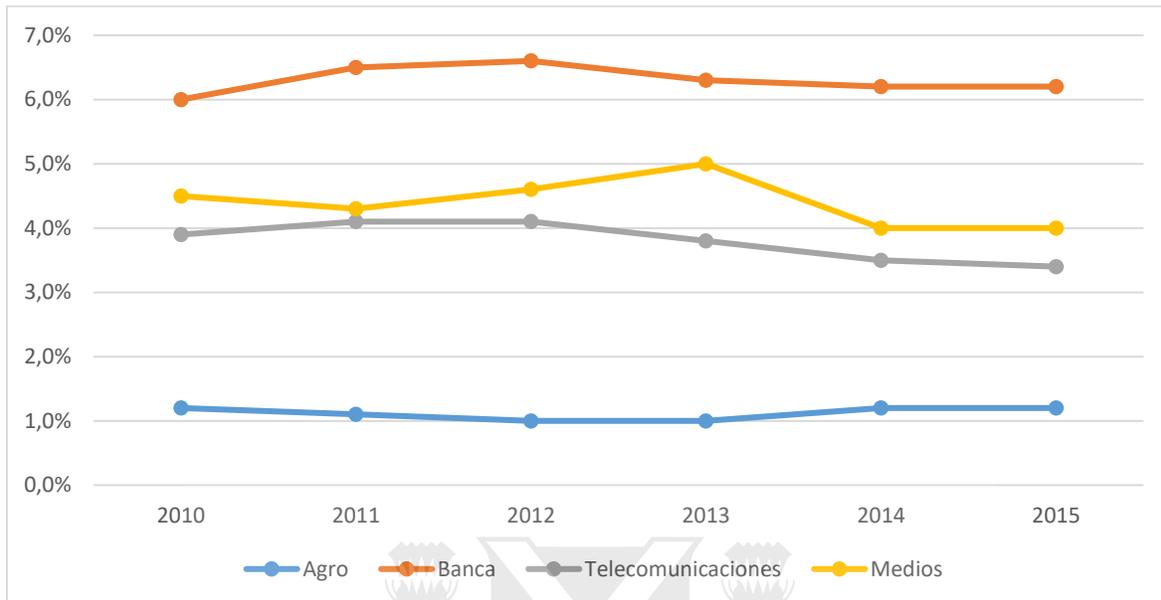


Gráfico 1 - Porcentaje de gasto total IT respecto a ingresos totales (2010-2015)³

En el gráfico podemos observar el retraso que tiene el Agro en general respecto a otras industrias que en la actualidad extraen mucho valor de la integración digital.

A esto debemos sumar que el indicador considera el agro en todos sus sectores y a nivel mundial. Si bien no disponemos de datos específicos que permitan hacer la desagregación, podemos concluir, en base a las características país y la comparativa de la producción citrícola con otras industrias, que el gasto total en IT de la industria citrícola argentina está incluso por debajo de esa media mundial que ya es baja al compararla con otras industrias.

Esta foto nos presenta el tamaño de la oportunidad que existe en la actualidad de crecer en adopción tecnológica.

Esta oportunidad es la que buscamos profundizar en las siguientes secciones.

³ Elaboración propia en base a datos de Gartner. www.gartner.com

3 Estudio de casos de referencia

En esta sección describimos aquellos casos, de entre todos los relevados para el presente trabajo, que por sus características, entendimos que mejor reflejaban el potencial de impacto de la tecnología en los modelo de negocio agroindustriales.

3.1 TracoVino

La industria vitivinícola es una de las tantas explorando el potencial de obtención de valor a partir de la aplicación de *IoT*.

En Alemania, Ericsson impulsó la iniciativa TracoVino para demostrar cómo la información provista por los sensores podía ser recolectada y procesada para informar mejor a los productores sobre la evolución de sus viñas.

Con ese objetivo se aplicó la tecnología en el valle de *Moselle*. El valle tiene una larga tradición de producción vitivinícola. Actualmente, esta zona destaca por la excepcional calidad del varietal *Riesling*, de uvas blancas.

A fines de 2015, la prueba fue concluida con satisfactoriamente demostrando el éxito de la aplicación de la tecnología, la cual hoy ya está disponible comercialmente a través de la empresa MyOmega (www.myomegasys.com) .

El sistema TracoVino desarrolló un modelo que permitió la captura de los datos del viñedo a través de sensores instalados directamente junto a la vid y sostenidos de manera autónoma a partir de paneles solares



Ilustración 3 - Sensor TracoVino instalado en vid⁴

Los sensores toman lecturas de varios elementos ambientales, incluyendo:

- Temperatura y humedad del aire
- Temperatura y humedad del suelo
- Intensidad solar

Los datos capturados son capturados por un *gateway* (con cobertura de 3 km cuadrados) que es el que luego se encarga de transferir a través de Internet esos datos a la nube y desde ahí al dispositivo del productor.

⁴ Imagen obtenida de *infosheet* comercial del producto que puede ser obtenida en http://www.myomegasys.com/images/MyOmega/Image/Leaflet/TracoVino_IoT_Vineyard.pdf

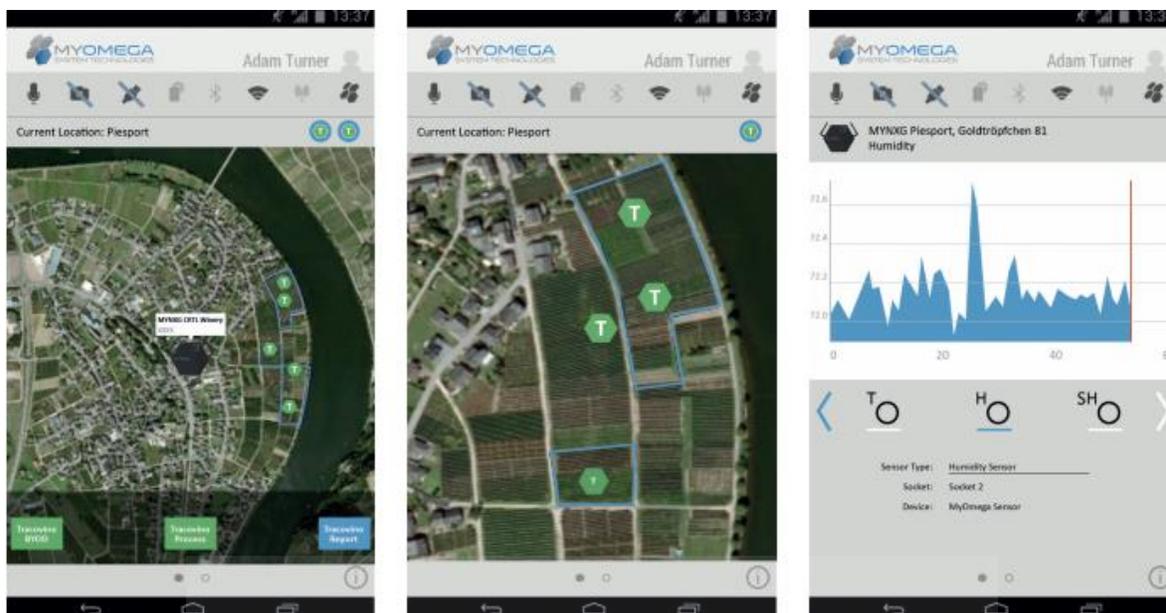


Ilustración 4 - Capturas de aplicación móvil de monitoreo⁵

Este modelo de Internet de las cosas aplicada a la producción agrícola demostró varios beneficios en la vitivinicultura.

Se ganó eficiencia en la gestión a la par de un aumento de productividad. Al poder predecir el momento óptimo de cosecha, se mejora la calidad y se reduce el riesgo para las uvas. Como consecuencia, el rendimiento de vino aumenta. En línea con esto, los análisis realizados por TracoVino ayudan a los productores a identificar las tareas de manera anticipada y alocar los recursos necesarios en su justa medida.

Lograron mejorar la calidad del vino. La información recolectada permitió a los vitivinicultores tener mayor claridad de las condiciones del viñedo en tiempo real, habilitándolos a definir el momento y la localización óptimos para las tareas de fertilización, riego y fumigación.

⁵ Imágenes obtenidas del Tracovino *White Paper* disponible en http://www.myomegasys.com/images/MyOmega/Image/Leaflet/Intel_Whitepapaer.pdf

Ganaron eficiencia gracias al monitoreo remoto de las condiciones del terreno. Sin necesidad de visitarlo constantemente, los tiempos de gestión se reducen drásticamente.

Adicionalmente, identificaron que la habilidad de predecir cuándo y cómo utilizar los recursos, los habilitó a reducir el impacto en el ambiente.

3.2 Fibria

Fibria es una empresa brasilera con una fuerte actuación en el mercado global de productos forestales. Con una presencia en 242 localidades distribuidas en siete estados de Brasil, Fibria es el líder mundial de producción de celulosa de eucalipto.

En 2015 la compañía creó foros IT con las principales áreas de negocio con el objetivo de identificar las áreas que estaban preparadas para obtener valor de la aplicación de técnicas analíticas de *Big Data*. Se identificaron veintiséis proyectos potenciales.

Tras la identificación, Fibria seleccionó aquellos que presentaban un mayor retorno a la inversión en el corto plazo. Centrándose así en un proyecto para el *Technology Centre* y otro para las plantas industriales.

El *Technology Centre* de Fibria es el responsable de desarrollarse los clones de eucaliptos que serán plantados para las futuras producciones. El principal desafío del área es anticipar el impacto que el cambio climático puede tener en el desarrollo de las plantas durante su crecimiento. Para minimizar estos impactos y garantizar que los niveles de producción deseados sean alcanzados, Fibria utilizó *Predictive Analytics* de *SAP* para identificar de antemano los factores y variables que podían interferir con el desarrollo del eucalipto. Este modelo analítico les permitió identificar la mejor opción para las variables que ellos controlan.

Desde el frente industrial, el análisis de 1600 millones de registros de más de 654 variables les permitió identificar la configuración óptima de las máquinas transformadoras de la madera en celulosa, las cuales estaban configuradas de manera distinta.

La ganancia de productividad derivada del proyecto implicó un *ROI* menor al año, aunque la empresa no dio datos concretos en relación a la inversión o el impacto concreto de productividad.

3.3 Red Tecnoparque Colombia - SENA

La Red Tecnoparque Colombia es parte del programa SENNOVA dependiente de la Secretaría Nacional de Aprendizaje de Colombia (SENA), la cual tiene como objetivo acelerar el desarrollo de iniciativas de investigación y desarrollo en el país.

Con el objetivo principal de incrementar la productividad, la organización desplegó una red de sensores para monitorear los cultivos de plátano en Lembo, un área de la región de Santa Rosa de Cabal.

El cultivo de bananas tiene especial significado para la economía colombiana. Representa cerca del 10% de la producción agrícola del país, con un estimado de tres millones de toneladas producidas en un área de 380.000 metros cuadrados, en 2016.

La inundación de los cultivos, el bajo nivel de oxígeno del suelo, los incrementos de humedad, así como la baja luminosidad o temperatura, son todos factores que provocan un menor desarrollo de la planta e incrementan la predisposición a que sea afectada por enfermedades y plagas. Así es que la Red Tecnoparque espera que mejorar las condiciones del cultivo tendrá un gran impacto en la relevancia económica de la banana para Colombia.

Con ese objetivo se desplegaron los siguientes sensores a lo largo de las plantaciones:

- Humedad y temperatura ambiente
- Humedad y temperatura de suelo
- Diámetro de tronco
- Diámetro de fruta
- Pluviómetro

- Radiación solar
- Nivel de amoníaco

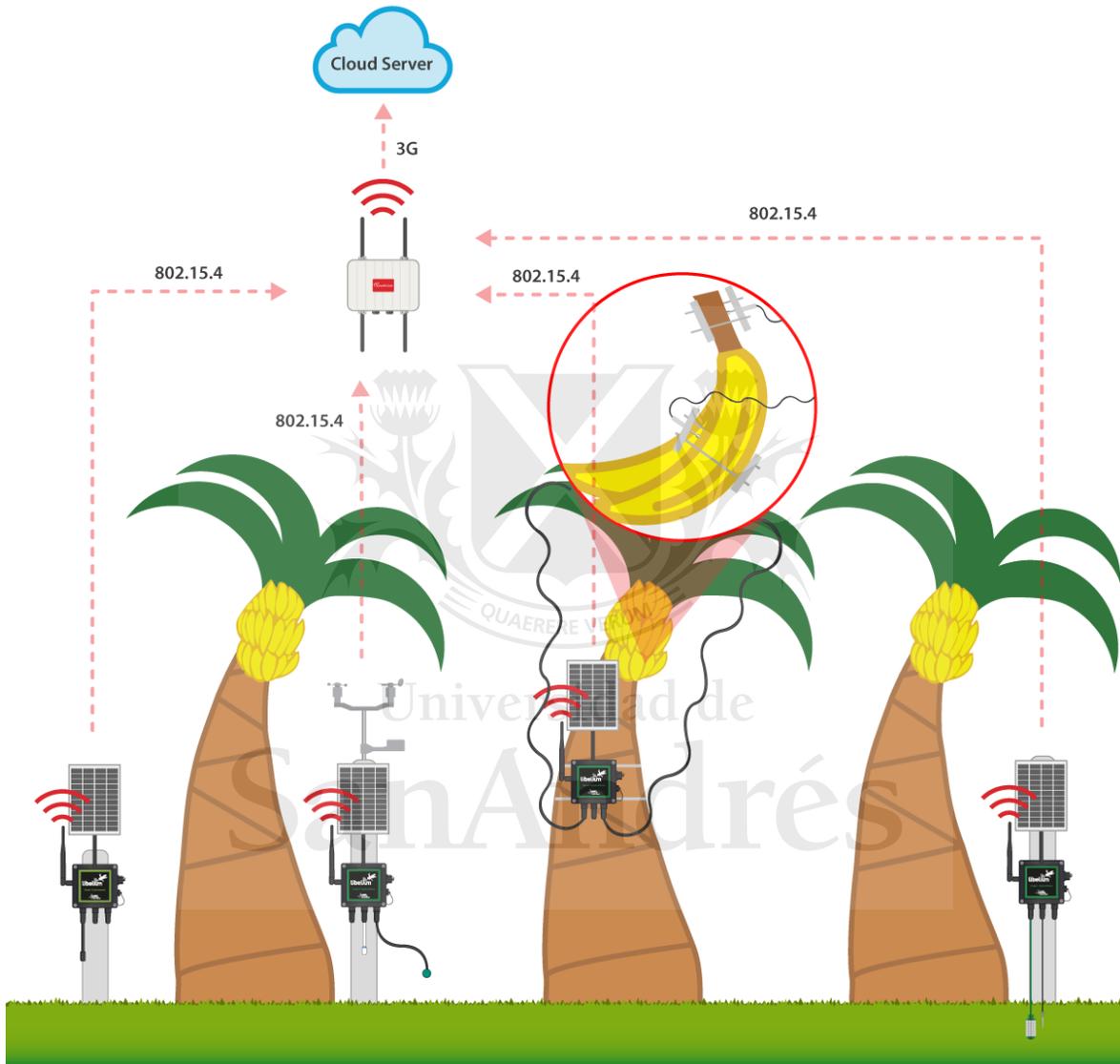


Ilustración 5 - Diagrama Funcional del sistema de monitoreo de cultivos de banana⁶

⁶ Imagen obtenida del sitio web del fabricante de los dispositivos de captura y se encuentra disponible en http://www.libelium.com/wp-content/uploads/2016/09/diagram_case_studie_platanos.png

La medición de estos parámetros es utilizada, de manera similar a otros casos relevados, para proyectar estimaciones de cosecha, optimizar el uso del agua, prevenir plagas y enfermedades y optimizar el uso de recursos como plaguicidas y fertilizantes.

En adición a esa ventaja se está utilizando la tecnología para caracterizar los suelos a la vez que se evalúa las respuestas de diferentes variedades de bananas, permitiendo así la investigación y el mejoramiento de variedades de manera más eficiente.

3.4 Camposol

Camposol es una empresa agroindustrial exportadora líder en Perú. Producen diversos productos, entre ellos cítricos, y son el mayor productor del país de palta y arándanos.

El desafío que apuntó a resolver la compañía es el propio de cualquier industria de productos frescos, tal como la que nos ocupa en el presente trabajo. Se trata de resolver cómo hacer que los productos frescos lleguen a los consumidores frescos, a tiempo y con la calidad esperada.

Para esto Camposol desarrolló en conjunto con la empresa SAP una serie de aplicaciones móviles integradas a sus sistemas de gestión.

Las aplicaciones comprometen a los agricultores dentro de la red de proveedores de Camposol a proveer información relevante a través de las aplicaciones que pueda ser utilizada por Camposol para lograr los objetivos planteados. Pero a la vez retribuye ese esfuerzo, reforzando la relación, a través de la provisión de datos a tiempo y accionables a los propios productores.

Así vemos como, aún con una adopción de tecnologías limitada y ya muy extendida como son los *smartphones* se puede generar un impacto en el negocio.

3.5 Salud de las plantas (iArbol)

Este es un caso de éxito en “Smart Cities”, pero que por sus características puede marcar un rumbo de posibles implementaciones para una citricultura de precisión.

El mantenimiento de estos árboles en una ciudad en general depende de una secretaría municipal que debe disponer de un presupuesto para inspección visual de los árboles si no se cuenta con una alternativa de monitoreo remota.

El objetivo de esta solución es reducir ese costo, a través de la utilización de imágenes satelitales para el monitoreo remoto del estado de los árboles, reduciendo la necesidad de intervención del equipo de gestión solo para los casos que realmente lo necesitan.

El producto calcula cuatro índices sobre los árboles:

- *NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)*
- *SAVI (Soil-adjusted Vegetation Index)*
- *MSI (Moisture Stress Index)*
- *NDWI (Normalized Difference Water Index)*

A partir de ellos determina el status actual de cada planta, el cual se cruza con el inventario de plantación disponible que identifica los datos propios del árbol (variedad, antigüedad, etc.).



Ilustración 6 - Plataforma iArbol para la ciudad de Barcelona⁷

El monitoreo no es en tiempo real, por ser producto del procesamiento de imágenes satelitales, por lo cual se define un período de actualización regular. El registro de estos ciclos permite evaluar la evolución de la salud de cada planta a lo largo del tiempo.



Ilustración 7 - Vista de árbol individual en plataforma iArbol⁸

⁷ Imagen obtenida de la plataforma abierta, la cual puede ser consultada en <http://iarbol.starlab.es/>.

⁸ Ídem anterior.

La ciudad de Barcelona implementó este proyecto como un piloto del departamento “Parques y jardines” para evaluar el potencial y posible impacto de este tipo de servicios. Si bien el servicio se está desarrollando de manera “pre-operacional”, siendo todavía adaptado y con la posibilidad de incorporar nuevas funcionalidades, ya está arrojando resultados en el primer objetivo buscado de reducción de intervenciones humanas y su costo asociado.

Es un caso de éxito relevante para la citricultura ya que se concentra en los árboles, de manera individual, que es la mínima unidad productiva para los cítricos. Sin embargo, los requerimientos de cuidado de un árbol productivo son muchos más exigentes que el de uno ornamental.

En este sentido creemos que este tipo de soluciones son buenas para la citricultura como seguimiento de la historia, de lo que sucedió, para generar aprendizajes y modelos que permitan predecir, por ejemplo, rendimientos en una temporada frente a cierto estado de la suma de los árboles.

A pesar de ellos, seguramente deba ser complementado con otras herramientas, con mayor precisión en la medición de variables que permitan definir la acción inmediata en tiempo real para maximizar la productividad de las plantas.

San Andrés

4 Cadena de valor de la citricultura de precisión

De los casos de éxito analizados, podemos identificar que existen oportunidades de extracción de valor a partir de la tecnología a diferentes niveles. Para la obtención de datos en el campo, su análisis y conclusiones, la explotación de esa información, etc.

En esta sección, tenemos como objetivo, a partir del análisis de las experiencias realizadas y la tecnología disponible, definir cómo sería la cadena de valor completa de una citricultura de precisión.

El desarrollo de la citricultura de precisión supone el desarrollo de servicios tecnológicos para soportar cada una de las etapas desde la obtención de datos hasta la ejecución de actividades automatizadas.

En cada una de estas capas de la cadena de valor de la citricultura de precisión podemos identificar los servicios que tendrán lugar y para los cuales, en la actualidad ya hay jugadores dando forma al desarrollo de cada uno de estos servicios.

En la sección anterior nos concentramos en los casos de éxito de aplicación de tecnologías en industrias o actividades comparables con nuestro objeto de estudio. En esta sección identificaremos cómo esas tecnologías y otras que se encuentran disponibles pueden conducir al desarrollo de un ecosistema de servicios tecnológicos para la citricultura.

Conceptualmente, el desarrollo de internet de las cosas es el habilitador principal del desarrollo de modelos como el que presentaremos en esa sección. Por ese motivo, entender su desarrollo contribuye al entendimiento del modelo que planteamos.

4.1 Desarrollo de IoT

La internet de las cosas ha tenido manifestaciones a lo largo del tiempo que pueden identificarse dentro de su alcance, como por ejemplo los primeros cajeros automáticos surgidos a mediados de los años setenta del siglo pasado. Sin embargo, la internet de las cosas toma protagonismo recientemente como una nueva faceta del avance de la transformación digital en la sociedad. Toma su nombre como contraposición a la internet de las personas, conocida como web 2.0, que fue la que llevó la transformación digital a la vida cotidiana de los individuos.

Para explicar en qué consiste la internet de las cosas recurriremos a la definición de dos fuentes referentes en la materia.

En primer lugar, según *Gartner*⁹, la internet de las cosas (*IoT*) es una red de objetos físicos que contienen tecnología embebida para comunicarse y sentir o interactuar con su estado interno o el contexto.

*SAP*¹⁰ toma como punto de partida la definición de *Gartner*, pero le agrega dos aspectos que, desde nuestra perspectiva, completan la visión respecto a internet de las cosas. “La internet de las cosas (*IoT*) es una red de objetos físicos que contienen tecnología embebida para comunicarse y sentir o interactuar con su estado interno o el contexto y entre ellos mismos para recoger e intercambiar información para mejorar la vida de las personas.”

Podemos observar que la definición de *SAP* identifica uno de los principales beneficios que le asignamos a internet de las cosas en la agricultura y es el de ser fuente de información para la mejora.

4.1.1 IT+OT = IoT

Recurso de marketing o casualidad del destino, desde su propio nombre la internet de las cosas está llamada a unir dos mundos que hasta aquí se mantenían

⁹ Extraído del curso MOOC OpenSAP IoT

<https://open.sap.com/courses/iot2/items/1U8xUHke9gKYCR3JnYVBCZ> (Noviembre 2016)

¹⁰ Idem

separados. El mundo de IT, la tecnología de la información, con el de OT, la tecnología operativa, tradicionalmente conocida como automatización industrial.

Este desarrollo tecnológico, se ve apalancado por el desarrollo de la oferta de productos y servicios que sigue un camino similar. Mientras en el pasado, los proveedores de IT (*SAP, IBM, Microsoft; Oracle, etc.*) estaban en su terreno y los de automatización (*Siemens, Schneider, GE, Rockwell, etc.*) en el suyo, en la actualidad, a través de diversas fusiones y adquisiciones, desde ambos lados se empezó a avanzar hacia el otro, consolidando la oferta de *IoT* como el correlato de la unión entre IT y OT.

Este avance empezó a acercar las tecnologías “productivas” a las de “gestión”. El mundo de la “oficina” al de la “planta”. Así, la gestión de la información y respuesta operativa mejora permitiendo una integración del proceso productivo.

4.1.2 El nuevo paradigma

En la evolución de los paradigmas tecnológicos no se descarta lo anterior. Con la llegada de internet de las cosas todo lo anterior (sistemas *ERP*, aplicaciones móviles, reportes, *dashboards*, etc.) se mantiene, pero a la vez se agrega algo nuevo.

Universidad de
San Andrés

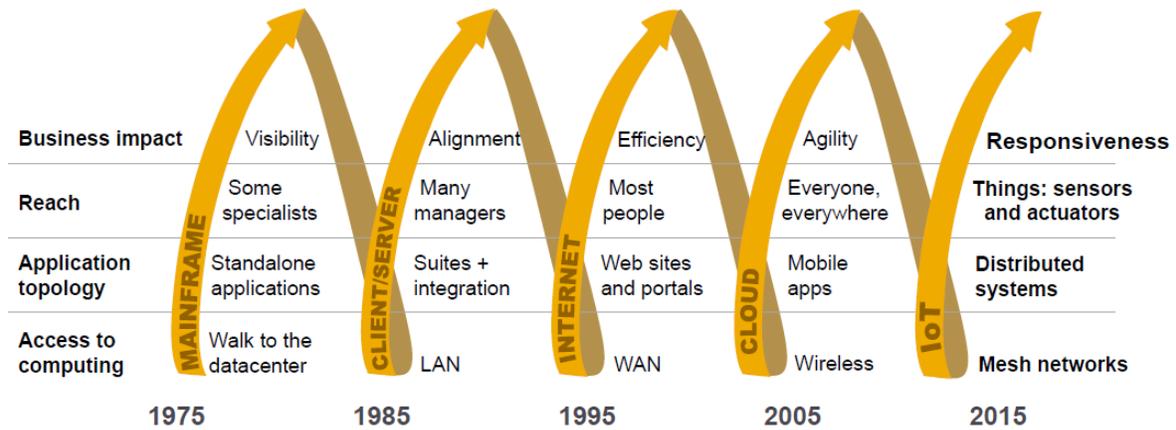


Ilustración 8 - La evolución de los paradigmas tecnológicos¹¹

En el gráfico podemos observar que el gran diferencial de internet de las cosas respecto a los paradigmas anteriores es la capacidad de respuesta. Capacidad que se logra a partir de la habilidad de sentir y responder a los cambios en el ambiente. Entender las necesidades tan pronto, como son identificadas o incluso antes. Esto habilita una potente capacidad de respuesta tanto reactiva, como proactiva.

Para la agricultura este desarrollo tecnológico significa además una revolución en el control y gestión de sus procesos ya que la capacidad de sentir e interactuar con el ambiente permite la introducción de elementos de control industrial a la producción agrícola a través del uso de internet de las cosas.

Si tomamos como referencia de modelo de control industrial el modelo ISA-95 presentado a continuación:

¹¹ Extraído del curso MOOC OpenSAP IoT
<https://open.sap.com/courses/iot2/items/1U8xUHke9qKYCR3JnYVBCZ> (Noviembre 2016)

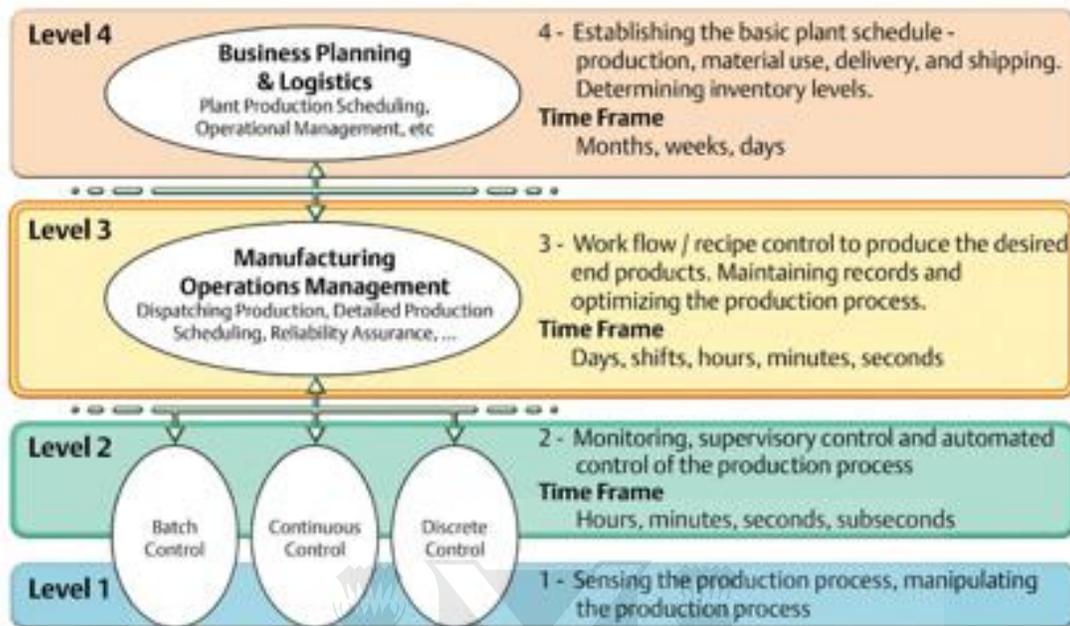


Ilustración 9 - Modelo ISA-95 de automatización y control industrial¹²

Podemos observar que, si bien desde la perspectiva del proceso, los niveles de control hacen sentido para una producción agrícola la incapacidad técnica previa, dado que estamos hablando de una producción basada en ambientes y no en máquinas, impedía su implementación.

Sostenemos que la posibilidad de capturar la información del ambiente y de interactuar con él que provee la irrupción de internet de las cosas habilita la aplicación de modelos de control industrial a la producción agrícola.

Si observamos la Ilustración 9 podemos ver que el desafío en un modelo agrícola es capturar los niveles 1 y 2. En la industria con la irrupción de los sistemas de control industrial, como los SCADA y los PLC, está resuelto hace muchos años. En la producción agrícola esto no era así. Con las opciones disponibles hoy en día esto está cambiando.

¹² Extraído del sitio <http://www.enerxis.com/en/industry-standards/isa95.php> el 04/11/2016

Este cambio hace el monitoreo remoto posible en la agricultura aún en grandes extensiones de tierra cultivada. Los encargados de los campos pueden detectar señales de enfermedades o stress mucho antes de lo que podría ser percibido bajo otros escenarios. Así también la tradición va dando lugar a la modernización en el sentido que actividades como la plantación, el riego, las pulverizaciones y la cosecha pueden ser planificadas de manera integrada.

Una consecuencia directa de la adopción de modelos de control industrial a la producción agrícola es la posibilidad de extrapolar también los modelos de mejora continua ya desarrollados para la industria. Se da lugar a un ciclo de mejora constante a partir de la disponibilidad de información, tanto del propio campo como de información que se va haciendo disponible de manera pública.

Tomando como referencia el modelo industrial para construir un modelo para la citricultura de precisión, entendemos que los niveles 1 y 2 pueden reemplazarse por un sistema de captura de información del campo. El nivel 3 por soluciones automatizadas que respondan a la información capturada y por último el 4 a modelos de información analítica que favorezcan la toma de decisiones basada en información a partir de modelos de *Big Data*.

4.2 El modelo propuesto

Así, partiendo de la premisa mencionada, construimos el modelo de Cadena de Valor para la citricultura de precisión que presentamos a continuación.

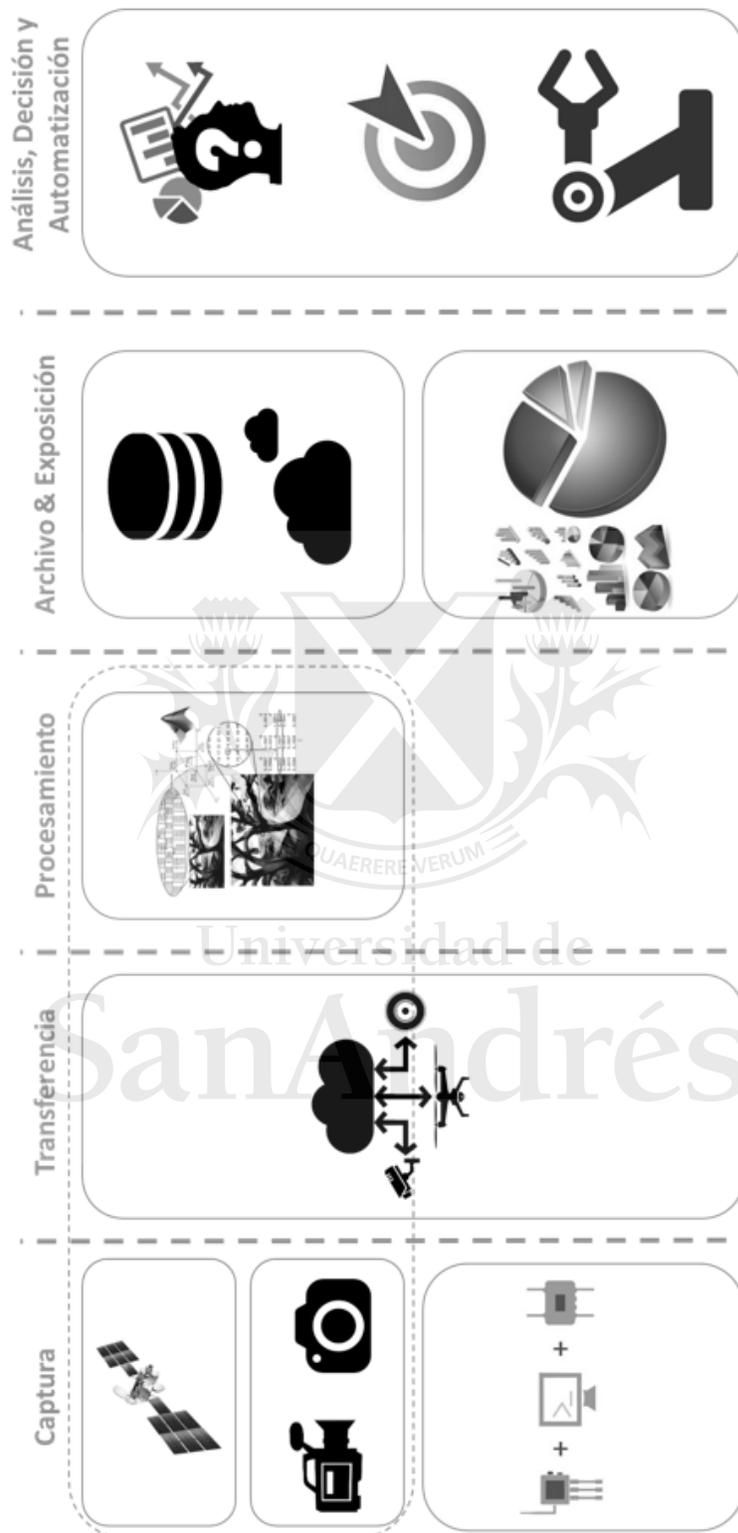


Ilustración 10 - Cadena de valor de la citricultura de precisión¹³

¹³ Elaboración propia

En la adopción tecnológica dentro de la agricultura, uno de los factores más determinantes es si se trata de una tecnología “independiente” o un “sistema”.

La clásica tecnología “independiente” en la agricultura es el desarrollo de nuevas semillas. Se utiliza la nueva semilla sin ningún cambio en el resto del sistema de producción. En el otro extremo el ejemplo clásico de un cambio de sistema es la introducción del tractor, la cual además de la maquinaria en sí supuso resolver la problemática asociada al combustible, el mantenimiento, los repuestos, etc.

Esta situación se manifiesta claramente en la adopción tecnológica de las producciones agrícolas más avanzadas en desarrollo tecnológico, la soja y el maíz. Allí, por ejemplo, la adopción de maquinaria auto tripulada fue adoptada rápidamente porque no suponía cambios de sistema. En cambio, la agricultura de precisión, que involucra la gestión integrada de múltiples equipos y aplicaciones tiene una curva de adopción mucho menos pronunciada.

El desarrollo de *Business Intelligence* es un input clave para el desarrollo de las innovaciones tecnológicas sistémicas.

En la actualidad, la capacidad de procesamiento y los bajos costos de almacenamiento, habilitan el desarrollo de *Big Data* en la agricultura. Así para la citricultura podríamos obtener, guardar y analizar información detallada a nivel de cada árbol.

Por este motivo si bien analizamos cada capa de la cadena de valor por separado, siempre hablamos de un sistema que debe ser desarrollado.

En la Ilustración 10 podemos observar cinco capas principales que se corresponden con las tecnologías que presentamos a continuación en detalle.

4.2.1 Elementos de captura

La automatización de la obtención de información precisa, a costos razonables, se vuelve un requerimiento clave. Dos fuentes principales de datos se nos abren. Por

un lado, la obtención y procesamiento de imágenes y video. Por el otro, sensores en campo que permitan monitorear en tiempo real y recolectar la información agrícola como sistemas de control industrial.

La fuente de imágenes como origen de información para el análisis computacional puede provenir de tres fuentes principales:

- Imágenes Satelitales
- Imágenes aéreas / Drones
- Captura terrestre (Laser 3D / Video)

La otra fuente principal surge de la obtención de datos a partir de sensores que conectan los fenómenos físicos al mundo digital. Aquí podemos encontrar una multiplicidad de dispositivos que se concentran bajo el paraguas de internet de las cosas.

A continuación analizaremos en mayor detalle cada una de esas opciones, focalizándonos en las tecnologías disponibles más representativas, para poder entender el alcance de cada una y cómo se complementan.

4.2.1.1 Elementos de captura de imágenes

4.2.1.1.1 Imágenes Satelitales

4.2.1.1.1.1 Análisis de árboles

En producciones basadas en árboles, como la citrícola, el procesamiento de imágenes satelitales puede ofrecer un rápido diagnóstico individualizado para cada árbol en un lote determinado permitiendo a los productores maximizar la producción.

La información que se puede obtener se encuentra alrededor del inventario total de árboles; la posición exacta en latitud y longitud de cada árbol; el tamaño de copa; la densidad foliar de la copa; el índice verde; entre otros datos.

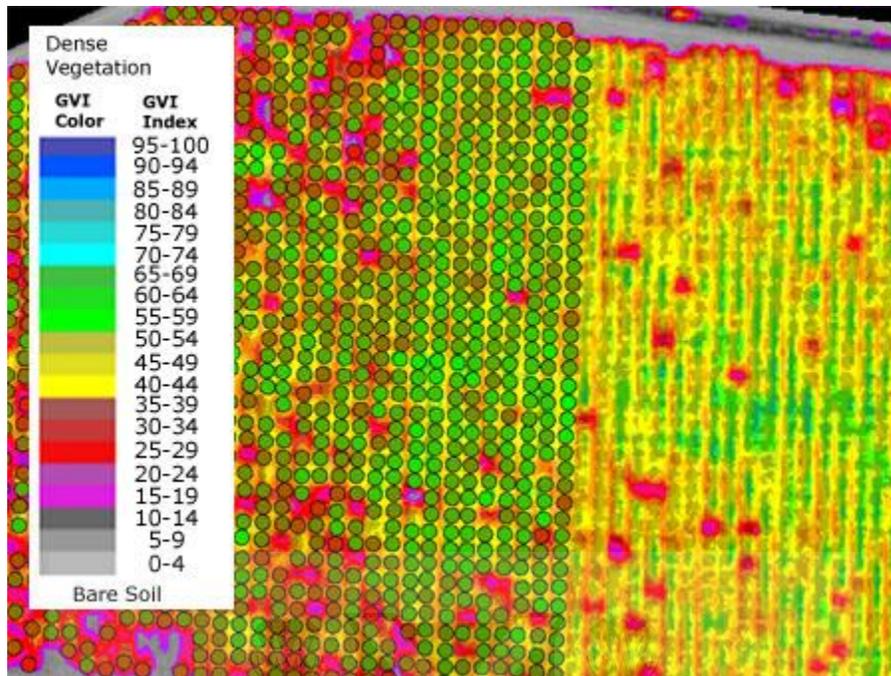


Ilustración 11 - Tree Grading Map¹⁴

4.2.1.1.1.2 Análisis de suelos

Toda producción agrícola es dependiente del suelo. En superficies plantadas, muchas veces es difícil alertar situaciones problemáticas para el suelo o la irrigación del mismo, que potencialmente pueden tener impacto en el largo plazo.

Existen análisis de imágenes que permiten atravesar la vegetación y obtener resultados directos sobre el suelo. Los principales datos vienen alrededor de patrones de riego, vetas de arena, zonas arcillosas y variaciones de materia orgánica y residuos de cultivos.

¹⁴ Imagen propiedad de *Satellite Imaging Corporation* obtenida del satélite *Quickbird* (0,6 m).
<http://www.satimagingcorp.com/>

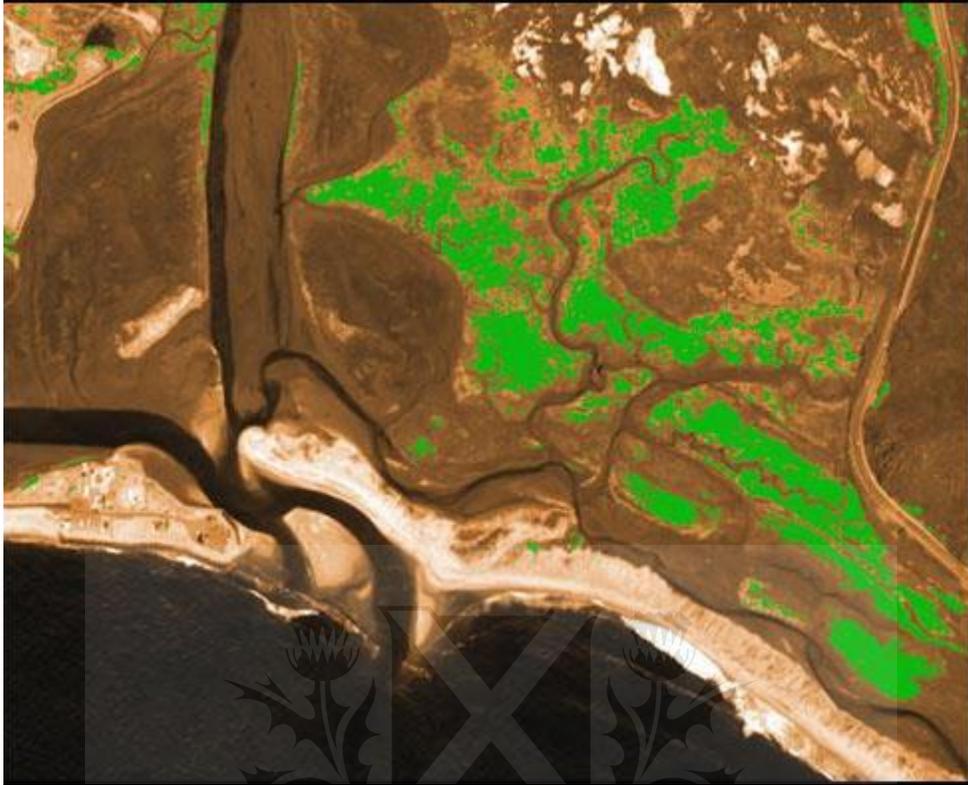


Ilustración 12 - Soil Index Map¹⁵

4.2.1.1.1.3 Índice Verde

El índice verde permite identificar la cantidad de vegetación presente en un terreno determinado, en el caso de los cítricos la densidad de copa de los árboles. Si bien, aún no hay estudios concluyentes respecto a la relación entre el índice verde y el rendimiento para los cítricos, como sí existe en otras producciones agrícolas como cereales y oleaginosas, es un terreno que se está explorando con altas expectativas de resultados positivos y dónde la información satelital es un input clave para su desarrollo.

Las imágenes satelitales que representan el índice verde otorgan una escala de color al índice en el mapa para poder observar la distribución geográfica del índice, es decir, de la vegetación.

¹⁵ Imagen propiedad de *Satellite Imaging Corporation* obtenida del satélite *Quickbird* (0,6 m).
<http://www.satimagingcorp.com/>

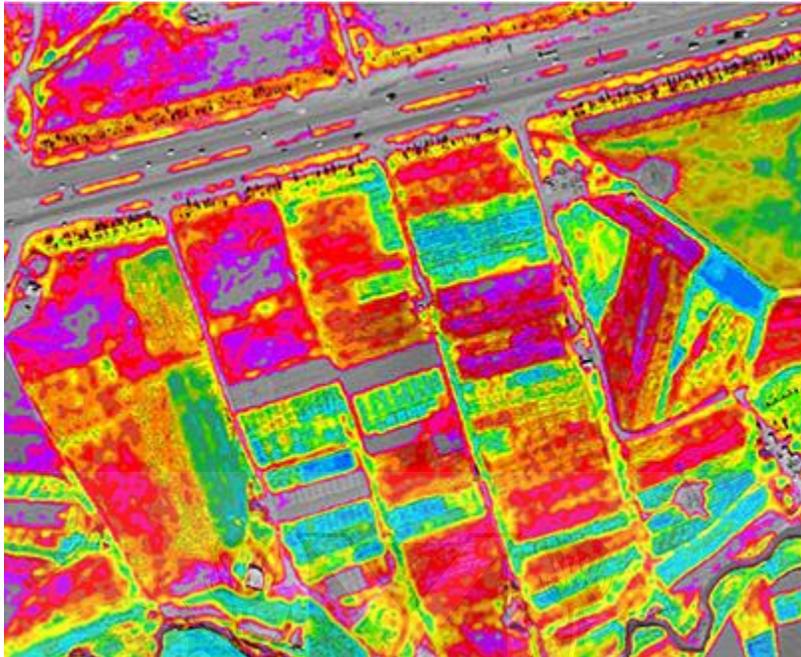


Ilustración 13 - Green Vegetation Index¹⁶

4.2.1.1.4 Diseño de vuelos para drones

Más allá de los usos descriptos, existe información que solo puede ser adquirida a partir de una captura de mayor cercanía dada la necesidad de uso de cámaras especiales que no son posibles desde imágenes satelitales, bien sea por su definición o por características.

Para esos casos la imagen debe ser capturada por drones. Ahora bien el diseño del vuelo de un dron se hace sobre una imagen satelital del lote a inspeccionar convirtiendo a una imagen satelital en el habilitador del siguiente tipo de imágenes para el análisis.

¹⁶ Imagen propiedad de *Satellite Imaging Corporation* obtenida del satélite *Quickbird* (0,6 m).
<http://www.satimagingcorp.com/>

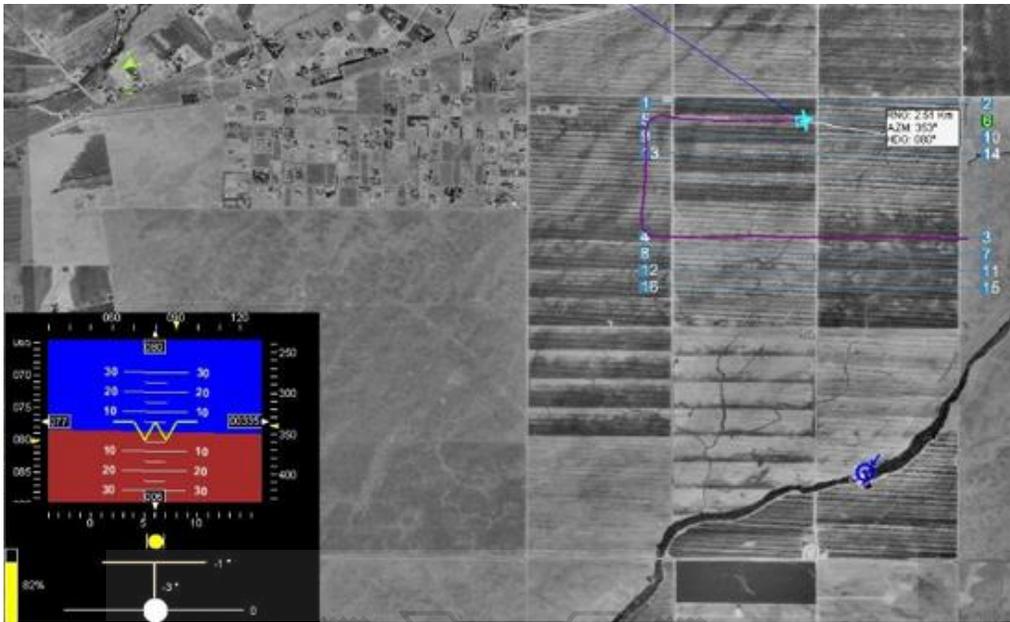


Ilustración 14 - Imagen satelital con ruta de vuelo de Dron17

4.2.1.1.2 Imágenes áreas / Drones

Los vuelos no tripulados o drones han permitido reducir los costos y complejidad de toma de imágenes aéreas. Así los drones toman miles de imágenes a intervalos regulares a lo largo de los campos a analizar. Estas imágenes son compuestas luego a través de *softwares* informáticos que permiten la generación de imágenes de ultra alta definición que pueden ser utilizadas para distintos fines dentro de la industria citrícola.

Como anticipábamos el principal motor de la utilización de drones en lugar de imágenes satelitales es la capacidad de obtener imágenes de mayor resolución, por ejemplo, para algunas enfermedades como el huanglongbing (HLB, la principal preocupación actual de la industria a nivel mundial) la evidencia de la enfermedad puede presentarse en una rama, mientras el resto de la copa aparenta ser de una planta sana. Para estos casos la definición de imagen es crucial.

¹⁷ Extraído de “Drones: The citrus industry new beauty secret” disponible en <http://www.smithsonianmag.com/arts-culture/drones-the-citrus-industrys-new-beauty-secret-119968693/?no-ist> 06/07/2016

Más allá del aspecto de la definición, existen dos aspectos que pueden motorizar la elección del dron por sobre imágenes satelitales.

La primera ventaja es la corta ventana de planificación que requiere lanzar un dron a la captura de información. En la agricultura, para muchos usos, el momento en el que se realiza la captura de la información es altamente relevante. Los drones otorgan mayor autonomía al productor en la definición de estos momentos con cortos períodos de planificación y sin exponerse a problemáticas asociadas a la captura satelital como la cobertura de la imagen por nubes.

En línea con el aspecto anterior, cuanto más preciso es el requerimiento de la imagen en cuanto a posicionamiento geográfico y, principalmente, en términos de ventana temporal, la ecuación de costos se pone a favor de la captura por drones contra las imágenes satelitales.

4.2.1.1.2.1 Niveles de agua

Los investigadores en gestión del agua han desarrollado sistemas de captura térmicos infrarrojos vinculados a drones que permiten identificar los diferentes niveles de irrigación con diferentes tonalidades en un mapa de calor.

Este tipo de captura de imágenes infrarrojas está presente en varios satélites (como el *Landsat*). La principal limitación de estos sistemas como anticipábamos es de resolución. Los mejores satélites proveen imágenes térmicas que, en el mejor de los casos, son de decenas de metros por pixel, siendo la norma imágenes de varios kilómetros por pixel. Dada la alta variación de la irrigación en pequeñas extensiones de tierra esas imágenes pierden gran parte de su utilidad y por ello la opción de los drones resulta beneficiosa.

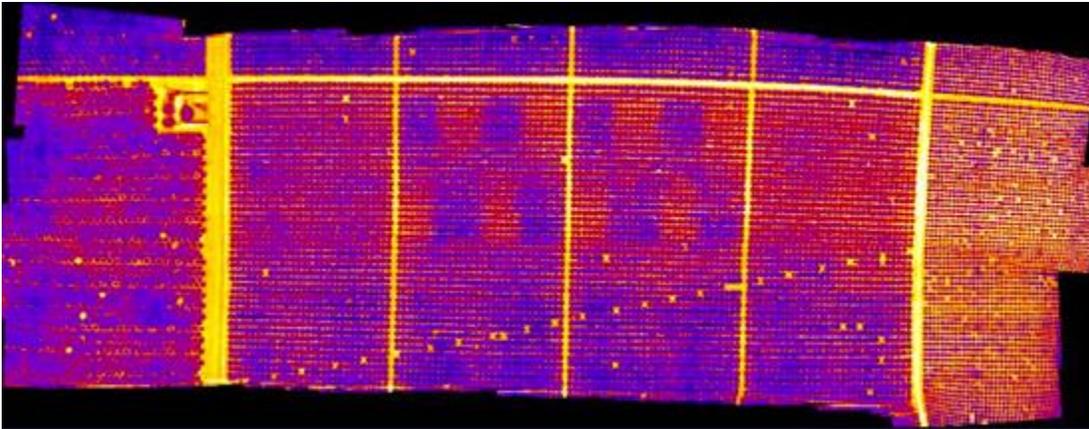


Ilustración 15 - Imagen térmica infrarroja de niveles de agua¹⁸

La inconsistencia observada en las variaciones de colores del gráfico permite evaluar el desafío que supone la irrigación homogénea de un lote. Un riego homogéneo no implica una irrigación de las mismas características y este tipo de análisis pueden facilitar conseguirla.

Más allá de la homogeneización, permite identificar el nivel de stress hídrico y gestionar el campo para lograr el nivel de stress objetivo. Hay evidencia que el rendimiento de las plantas así como las características fenotípicas de las frutas se encuentra en relación a diferentes niveles de stress hídrico.

4.2.1.1.2.2 Detección de enfermedades

Por lo general, el tratamiento de enfermedades en los cítricos es más sencillo y menos costoso si es realizado al inicio del desarrollo de la enfermedad. En este sentido el diagnóstico temprano tiene un alto valor para la industria. En la actualidad esta detección depende principalmente de la observación humana, que demanda mucho tiempo, es costosa, muchas veces resulta impracticable y siempre está sujeta al error humano.

¹⁸ Extraído de “Drones: The citrus industry new beauty secret” disponible en <http://www.smithsonianmag.com/arts-culture/drones-the-citrus-industrys-new-beauty-secret-119968693/?no-ist> 06/07/2016

En este escenario las imágenes de alta definición que puede capturar un dron ofrecen una excelente alternativa para mejorar los resultados en la detección temprana de enfermedades en las plantas cítricas.

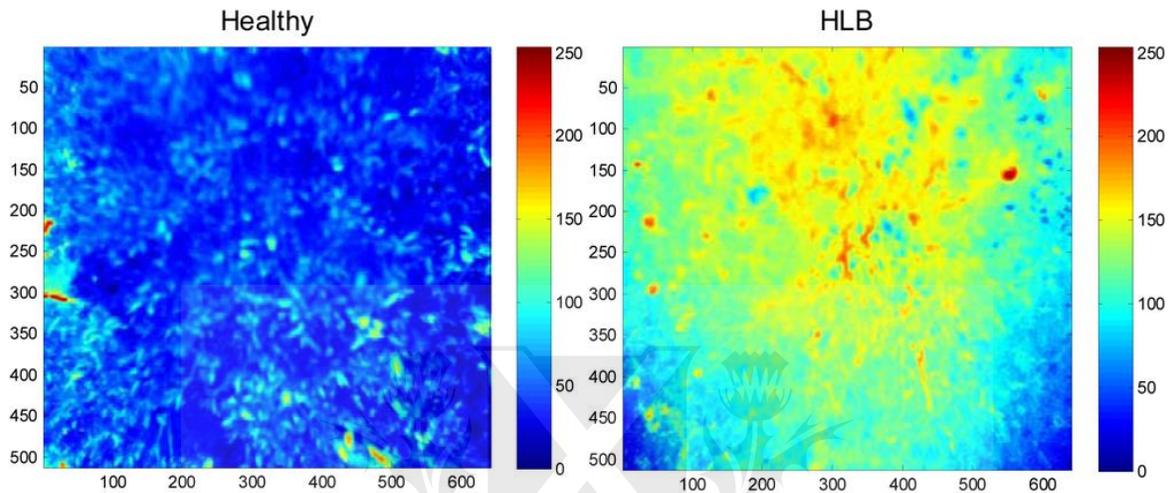


Ilustración 16 - Imágenes térmicas de una planta sana y otra enferma con HLB¹⁹

En el ejemplo se ve claramente la diferencia en las imágenes derivada de diferentes temperaturas, siendo esta característica menos observable de manera directa por el ojo humano.

4.2.1.1.3 Captura Terrestre

Los cultivos extensivos son ideales para las imágenes satelitales y/o áreas ya que suponen grandes extensiones de cultivos homogéneos y la observación desde arriba cubre ampliamente las necesidades de información. Por otra parte, por las características del espacio de las plantaciones las capturas de imágenes en tierra son más difíciles.

¹⁹ Extraído de “Huanglongbing (Citrus Greening) Detection Using Visible, Near Infrared and Thermal Imaging Techniques” (Sankaran et al, 2013)

En las producciones basadas en árboles, en cambio esas dos premisas son completamente distintas, abriendo una tercera oportunidad de captura de información de imágenes, la captura terrestre.

En la captura terrestre podemos destacar tecnologías de captura específica y el aprovechamiento del video tradicional gracias a la utilización de nuevas técnicas de procesamiento para su interpretación.

Esencialmente, la captura se realiza transitando la calle entre las filas de árboles de la finca con los diferentes dispositivos de captura necesarios.

4.2.1.1.3.1 Espectrofotómetro

La evaluación del color de las frutas cítricas juega un importante rol en la determinación de la calidad de la fruta analizada. Más allá del tamaño y la forma, el color es el tercer elemento de evaluación de los consumidores respecto a la calidad de una fruta. Es tomado como un indicador de madurez y sabor.

El *USDA (United States Department of Agriculture)* cuenta con una guía de color para determinar calidad de los limones. Para esto designó una guía de colores de comparación para evaluar los colores. Obviamente esa comparación solo puede hacerse a vista humana en condiciones determinadas, solo conseguibles en un laboratorio y difícilmente obtenibles en el campo.

Adicionalmente, la atención al color debe ser tenida en cuenta desde el inicio, ya que si bien será valorada por los consumidores una vez que alcance el punto de venta, por las características del producto cítrico, debe ser cosechado antes de su estado de madurez para que llegue con el nivel de madurez y color adecuados al punto de venta. Es en este sentido que la medición del color de la fruta en árbol a través de espectrofotómetros se vuelve comercialmente relevante.

Todavía, esta captura es muestral, dado que su funcionamiento supone orientar la captura a una fruta en particular controlando la iluminación y el ángulo de captura. Independientemente de esta limitación actual, los análisis de imágenes descriptos

permiten identificar las áreas de cultivo de características similares facilitando el trabajo de definición de los grupos muestrales relevantes.

Asociando los resultados del análisis muestral al mapa de información de los campos permite tener un indicador más de calidad, además de favorecer la determinación de momentos óptimos de cosecha.

4.2.1.1.3.2 Video Tradicional

El video tradicional está siendo utilizado cada vez más como un elemento de internet de las cosas a partir de su aprovechamiento por elaborados mecanismos de *machine learning*. A estas aplicaciones se las conoce como “*Video Analytics*” y básicamente consiste en que un programa de computadora, capaz de decodificar en un video tradicional lo que está sucediendo, convierte las imágenes a datos utilizables en cualquier modelo como el presentado en nuestra cadena de valor.

La principal ventaja de esta tecnología es que al integrar todo lo que un video captura trabaja sobre escenarios más sofisticados que las mediciones tradicionales de otros elementos de captura IoT.

Se trata de una tecnología novedosa sobre la cual aún no hay casos de uso aplicados directamente a la agricultura. La mayoría de las experiencias se encuentran vinculadas a seguridad y análisis de comportamiento en *retail*.

Sin embargo, vemos un gran potencial en una industria mano de obra intensiva como la citricultura. La automatización de las tareas de cosecha todavía no es posible de manera completa. En algunos casos porque no se justifica la inversión en relación al costo de mano de obra, pero fundamentalmente, porque aún no se ha desarrollado una máquina capaz de tratar a la fruta como se requiere para garantizar el cuidado necesario.

En este sentido la posibilidad de realizar control de mano de obra automatizado a través de video es una gran oportunidad para la citricultura.

4.2.1.2 *Sensores IoT*

Los dispositivos de internet de las cosas hacen uso de diferentes tecnologías disponibles para lograr su objetivo. No es objeto de este trabajo profundizar el detalle técnico de los dispositivos, en función si utilizan determinados tipos de tecnología, por ejemplo, infrarroja, acelerómetro o fotoionización. Nos concentraremos en cambio en las variables que estos dispositivos pueden medir y su aporte a la citricultura de precisión.

A continuación encontraremos una descripción de las principales variables que hoy pueden ser efectivamente medidas directamente en el campo.

No intenta ser una lista exhaustiva de sensores, pero sí capturar aquellos más representativos, sus capacidades e identificar las características relevantes para la construcción del modelo propuesto.

4.2.1.2.1 *Variables meteorológicas*

Todas las producciones agrícolas tienen su contexto climático preferido. Para los cítricos este contexto se genera entre las latitudes de 32 y 40 grados. En este sentido, respecto a las variables climáticas, el campo de acción es menor que con otras variables y es fundamental la elección de la geografía adecuada.

Más allá de eso, tener una medición correcta de las variables meteorológicas nos permitirá mapear el efecto de las mismas en el producto final, así como predecir ocurrencias del clima que puedan condicionar la actividad agronómica.

Las tres medidas básicas de cualquier medición de variables meteorológicas son temperatura ambiente, humedad y presión atmosférica y por este motivo normalmente se concentran todas en un único dispositivo.



Ilustración 17 - Sensor Bosch Sensortec para temperatura, presión y humedad²⁰

La medición de las precipitaciones es importante para entender el volumen de agua que recibe el suelo por vías naturales. Si bien, la determinación del riego será el resultado de una suma de variables, este conocimiento es importante y su análisis posterior contribuye al entendimiento del suelo y de la planta.

El otro motivo por el que es importante comprender las características de las precipitaciones es por el daño que puede ocasionar sobre la corteza del cítrico. Aunque muchas veces, se limita a un daño estético, este es suficiente para que la fruta pierda valor comercial como fruta fresca.

En la dimensión de daño a la fruta otra variable importante a tener en cuenta es el viento. Ya que es la conjunción de ciertas lluvias y vientos las que determinan los efectos sobre las frutas. Por ejemplo, si a un período lluvioso, le suceden varios vientos secos, los frutos de la zona del árbol, donde el viento es más intenso se deshidratan y pierden dureza. Por otra parte, las celdillas del aceite esencial se hunden y esto genera manchas sobre la piel.

Por otra parte el viento puede ocasionar grandes daños a la fruta solamente por golpearla, bien contra el tronco del árbol, o bien contra las hojas y ramas. Esto no tiene impacto en la salud de la fruta, pero le anula el valor comercial por el alto impacto estético que genera.

²⁰ Imagen extraída del catálogo de productos "Waspmote"

Estas tres variables también son medidas en conjunto por lo general a través de un anemómetro (velocidad del viento), una veleta (dirección del viento) y un pluviómetro (precipitaciones).



Ilustración 18 - WS-3000 (Pluviómetro, Amemómetro y Veleta)²¹

Junto a los tipos de dispositivos revisados se ubican centrales meteorológicas que consolidan todas las variables descriptas. En este segmento se ubican los proveedores que vienen trabajando en variables climáticas desde antes de la instalación del concepto de internet de las cosas, pero cuyos dispositivos son perfectamente integrables a una iniciativa de estas características. Un proveedor líder en este segmento es DAVIS, del cual podemos observar una central meteorológica a continuación.

²¹ Imagen obtenida de anuncio de venta en el sitio <https://www.cooking-hacks.com/weather-station-ws-3000> el 08/11/2016.



Ilustración 19 - Central meteorológica Vantage pro22

Las centrales *DAVIS* no aportan una diferencia sustancial si las comparamos con sensores meteorológicos integrados a una iniciativa de internet de las cosas para la agricultura. Sin embargo, tienen una muy buena performance como solución cerrada sin necesidad de encarar la arquitectura de internet de las cosas para poder contar con sus beneficios en este tipo de variables.

4.2.1.2.1 Impacto solar

En términos generales, cada vez más, la medición del impacto solar es tenida en cuenta al considerar variables meteorológicas.

Para la producción citrícola, esto es especialmente relevante ya que podemos identificar stress solar en las plantas y quemaduras solares en los frutos como producto de exposición a la radiación.

El stress solar sobre el follaje afecta la actividad fotosintética reduciendo considerablemente el rendimiento de las plantas. Así mismo, las quemaduras de los frutos, eliminan todo valor comercial de los mismos.

²² Imagen obtenida la página web del fabricante <http://www.davisnet.com/wp-content/uploads/2015/08/ISSVP2.jpg> el 08/11/2016.

Existen técnicas agronómicas para proteger a las plantas y los frutos del stress solar y las quemaduras.

Un conocimiento de cómo están impactando las radiaciones solares permite definir con mayor precisión la utilización de dichas técnicas.



Ilustración 20 - Sensor de radiación solar²³

4.2.1.2.2 Variables de suelo

4.2.1.2.2.1 Temperatura del suelo

La temperatura del suelo afecta la salud de la planta a través del efecto en el sistema radicular de la misma.

Más allá de los efectos nocivos, existe evidencia (Gambetta et al, 2015) de que la temperatura del suelo puede afectar la coloración de los cítricos. Siendo el color un elemento clave en el valor de comercialización de este tipo de frutas, es deseable poder controlar estas variables.

Existen técnicas agronómicas para controlar la temperatura del suelo, con el objeto de determinar las indicadas es deseable poder obtener una medición.

²³ Imagen extraída del catálogo de productos “Waspnote”



Ilustración 21 - Sensor de temperatura de suelo²⁴

4.2.1.2.2 Humedad del suelo

Monitorear el contenido de agua en el suelo es esencial para ayudar a los agricultores a optimizar la producción, conservar agua, reducir los impactos ambientales y ahorrar dinero. Este monitoreo ayuda a tomar mejores decisiones en la programación del riego, tales como determinar la cantidad de agua a aplicar y cuándo aplicarla. También puede ayudar a igualar los requerimientos de agua del cultivo con la cantidad aplicada con el riego; y así evitar pérdidas de agua excesivas o aplicar una cantidad insuficiente.

El exceso de irrigación puede incrementar el consumo de energía y los costos de agua, aumentar el movimiento de fertilizantes por debajo de la zona radicular, producir erosión y transporte de suelo y partículas de químicos a los canales de drenaje. El riego insuficiente puede reducir la producción de las cosechas.

Para cada lote es posible determinar el déficit permitido en el manejo del riego (DPM). Este se refiere al contenido de agua del suelo al cual no se debe permitir bajar para evitar el stress de la planta por falta de agua.

Así podemos concluir que poder medir el nivel de humedad del suelo nos facilita la tarea de determinar las necesidades de riego al comparar la medición obtenida con el déficit permitido. La diferencia entre ambas medidas será el requerimiento de

²⁴ Imagen extraída del catálogo de productos "Waspmote"

agua para el lote en cuestión, evitando así el riesgo por encima o por debajo de esa medida.

Existen diversos tipos de sensores para medir la humedad del suelo que pueden ser integrados a un sistema de agricultura de precisión. Ninguno de ellos mide la humedad de forma directa.

El método directo o gravimétrico consiste en tomar una muestra de suelo, pesarla, luego secarla y pesarla nuevamente para determinar el contenido de agua de la muestra. Con este método se calibran los diferentes métodos indirectos que pueden utilizarse para la determinación de la humedad del suelo.

Si bien existen múltiples sensores, describiremos aquí los dos más extendidos para uso con conexión remota, ya que son los indicados para una iniciativa de internet de las cosas.

4.2.1.2.2.1 Medidores Watermark

Es un medidor de la resistencia eléctrica, esta aumenta a medida que se incrementa la succión de agua del suelo, es decir, a medida que disminuye la humedad del suelo. El sensor capturará resultados de resistencia eléctrica en Ohm, deberá ser el dispositivo conectado el que convierta esa información a centibares, para obtener una medida de tensión de humedad del suelo. Esta medida junto con el conocimiento del tipo de suelo medido permite identificar las necesidades de riego del terreno



Ilustración 22 - Sensor Watermark²⁵

4.2.1.2.2.2 Medidores de la constante dieléctrica del suelo

Estos sensores miden los cambios en la constante dieléctrica del suelo con un capacitor que consta de dos placas de un material conductor que están separadas por una distancia. Se aplica un voltaje en un extremo de la placa y el material que está entre las dos placas almacena cierto voltaje. Un medidor lee el voltaje conducido entre las placas.

La medida de la constante dieléctrica permite determinar el nivel de agua presente en función de la diferencia entre la constante del suelo en cuestión y la del agua.

Universidad de
SanAndrés

²⁵ Imagen del sensor watermark obtenida de anuncio de venta de <https://www.amazon.com/Watermark-Soil-Moisture-Sensor-Cable/dp/B00IAWEHSQ> el 07/11/2016.



Ilustración 23 - Medidor de la constante dieléctrica "EnviroSCAN"²⁶

4.2.1.2.2.3 PH del suelo

El PH del suelo es muy relevante para la producción de cítricos dado que los nutrientes relevantes para correcto rendimiento de la planta solo persisten cuando el rango del PH se mantiene entre 5,5 y 7. A continuación podemos observar la presencia de los nutrientes para cada PH.

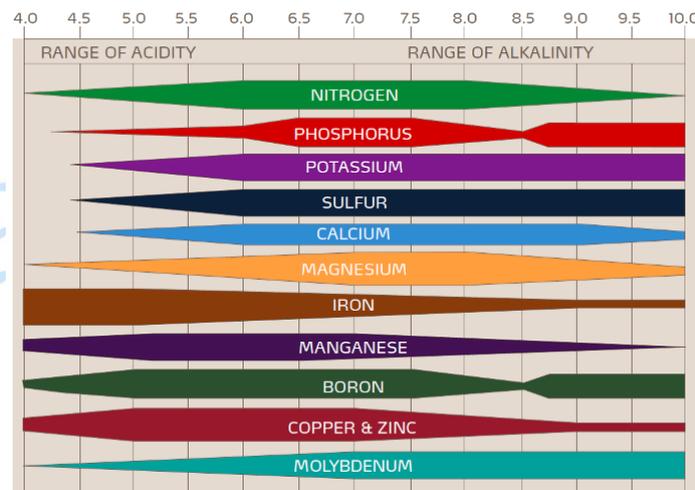


Gráfico 2 - La influencia del PH del suelo en la disponibilidad de nutrientes²⁷

²⁶ Imagen del sensor EnviroSCAN obtenida de la web <http://www.sentek.com.au/products/enviro-scan-probe.asp> el 07/11/2016.

²⁷ Gráfico extraído del artículo "Principios Agronómicos" (YARA, 2016)

Los análisis (Yara, 2016) reportan que se alcanza un óptimo de rendimiento de cítricos en torno a un PH de 6,5.

Existen diversas técnicas agronómicas para influir sobre el PH del suelo. Para determinar cómo y cuándo aplicarlas es importante tener una medición de calidad del suelo.

4.2.1.2.3 Variables de la planta

4.2.1.2.3.1 Diámetro de Fruta y tronco

El diámetro de los troncos y las frutas, además de ser un indicador del crecimiento de la planta, indican por micro variaciones (medidas en micrones) necesidades de agua que son difíciles de determinar con otras mediciones.





Ilustración 24 - Sensores de diámetro de tallo y fruta²⁸

Los sensores que se observan en la imagen pueden detectar esas micro variaciones y alertar las necesidades de agua antes de que la planta ingrese a un estado de stress hídrico.

4.2.2 Conectividad

Para cualquier monitoreo agrícola que se haga en el campo, es necesario poder transmitir la información recolectada hacia los sistemas de información que la procesarán. Existen diferentes tecnologías para hacer esto posible. Es importante tener en cuenta que existen dos niveles de conectividad necesaria, aunque tecnológicamente ambas capas pueda resolverse con la misma solución

²⁸ Imagen obtenida del portal de noticias de innovaciones “Nocamel”
<http://nocamels.com/2015/06/phytech-adama-farming-tech-americas/>

tecnológica, también existen alternativas que son propias de cada capa en particular.

En primer lugar, tenemos la red de dispositivos, la cual deberá conectarse a el o los *gateways* existentes para el procesamiento de la información.

En este nivel de red manejamos las siguientes opciones principales:

- *LAN (Local Area Network)*
 - *Wifi*
 - *Ethernet*
- *PAN (Personal Area Network)*
 - *UWB*
 - *ZigBee*
 - *Bluetooth*
 - *SlowPAN*
 - *Wired*

El siguiente nivel de conectividad es el que vinculará el tramo anterior con la red desde dónde se hará la gestión de los datos y el modelo IoT, así como las aplicaciones que harán uso de todos los elementos.

En este segundo nivel están presenten las siguientes opciones principales:

- *WAN (Wireless Area Network)*
 - *GSM*
 - *LTE*
- *LAN (Local Area Network)*
 - *Wifi*
 - *Ethernet*

A continuación podemos ver un diagrama de ejemplo de lo que acabamos de describir. En él podemos observar cómo los diferentes dispositivos que capturan información se conectan como primer nivel a un colector que luego, a través de un Gateway, establece la conexión que llamamos de segundo nivel.



Ilustración 25 - Diagrama de conectividad²⁹

4.2.3 Procesamiento de la información

Esta etapa es necesaria para todos los elementos de captura para los cuales el objeto de su captura no es un dato que pueda ser procesado directamente e integrado a un modelo de datos a través de un proceso de extracción, transformación y carga (*ETL*) tradicional.

Sobre ese universo caen especialmente las imágenes en general (satelitales, de drones y terrestres) y los videos. Tanto uno como los otros necesitan atravesar un proceso computacional que convierta la información en datos analizables.

El motivo detrás de esto es que una imagen no es una medida directa de un fenómeno u objeto físico, como pueden ser los otros sensores de *IoT*. En cambio, una imagen es el resultado de la interacción compleja de varios procesos físicos de la cual no se puede extraer información directamente sino a través de un proceso. La observación humana de la imagen es el proceso que tradicionalmente se utilizó. La búsqueda en este punto es su automatización.

Existen dos grandes dimensiones del procesamiento de imágenes. El mejoramiento y el análisis de imágenes.

²⁹ Diagrama elaborado por la consultora Inipop (www.inipop.com) en el marco de un desarrollo de una prueba de concepto en el cual el autor fue colaborador.

Cuando hablamos de mejoramiento de imágenes nos referimos al proceso que transforma la imagen con el fin de favorecer su análisis posterior. Se realiza a partir de la utilización de algoritmos de transformación.

Para entender la siguiente dimensión, el análisis, podemos realizar una simplificación de la complejidad asociada a este procesamiento. Podríamos simplificarlo como el reconocimiento de patrones en las imágenes a partir de ciertos algoritmos de análisis. Esta tarea permite identificar objetos físicos y determinar aspectos como el tamaño, la orientación, la posición, etc.

Normalmente, un procesamiento de imágenes completo incluye tratamiento de ambos tipos y la conversión del resultado en datos que puedan ser procesados posteriormente.

4.2.4 Almacenamiento de la información

Toda la información que se va recopilando a través de los diferentes dispositivos debe ser almacenada para su utilización.

Las características de este almacenamiento tienen dos dimensiones principales. La de infraestructura y la de base de datos.

La dimensión de infraestructura, sin entrar en la discusión detallada de los componentes tecnológicos de cada tipo de servidor posible, puede resumirse en dos opciones fundamentales. Soluciones *Cloud* o de *Data Center* propio.

Las dos opciones son válidas, sin embargo creemos que para soluciones agrícolas en la Argentina la opción *Cloud* se vuelve la más conveniente. La mayoría de las compañías operando en el sector primario, y particularmente en la citricultura, no cuentan con una infraestructura propia de calidad para montar *data center* propios que puedan tener la confiabilidad y disponibilidad que en la actualidad tienen los servidores *Cloud*.

En línea con lo anterior existen ciertas ventajas de la opción *Cloud* de las cuales las compañías argentinas de citricultura pueden tomar ventaja de manera más sencilla que de un data center propio.

- Flexibilidad. Un servidor *Cloud* puede crearse, destruirse, replicarse y ajustar su tamaño sin restricciones en cualquier momento en función de las necesidades.
- Escalable. En línea con lo anterior, los servidores *Cloud* pueden crecer sin límites. Por este motivo no hay restricción a un modelo que crece como el que planteamos en este trabajo.
- Confiable. La alta disponibilidad supone una estrategia compleja que para ser lograda en servidores propios requiere de un manejo de recursos muy superior al requerido para tener un nivel de confiabilidad similar en la nube.
- Eficiente en costos. Se paga lo que se usa y no hay inversiones hundidas en hardware.

Más allá de todo lo expuesto para el almacenaje de los datos totales, es posible que tenga sentido manejar ciertos servidores físicos en cada locación de captura de datos para el rápido procesamiento de ciertos datos que pueden tener relevancia para operación de captura o la ejecución de ciertos automatismos, pero que la información no sea requerida para el modelo de datos general.

La siguiente dimensión es la de almacenaje a nivel base de datos. Para este fin tomamos como referencia el último planteamiento de Zachman (Inmon, 2010) que presentamos a continuación.

STRATEGIC Logical Architecture Schematic
 (Zachman Row 3 – Technology Independent)

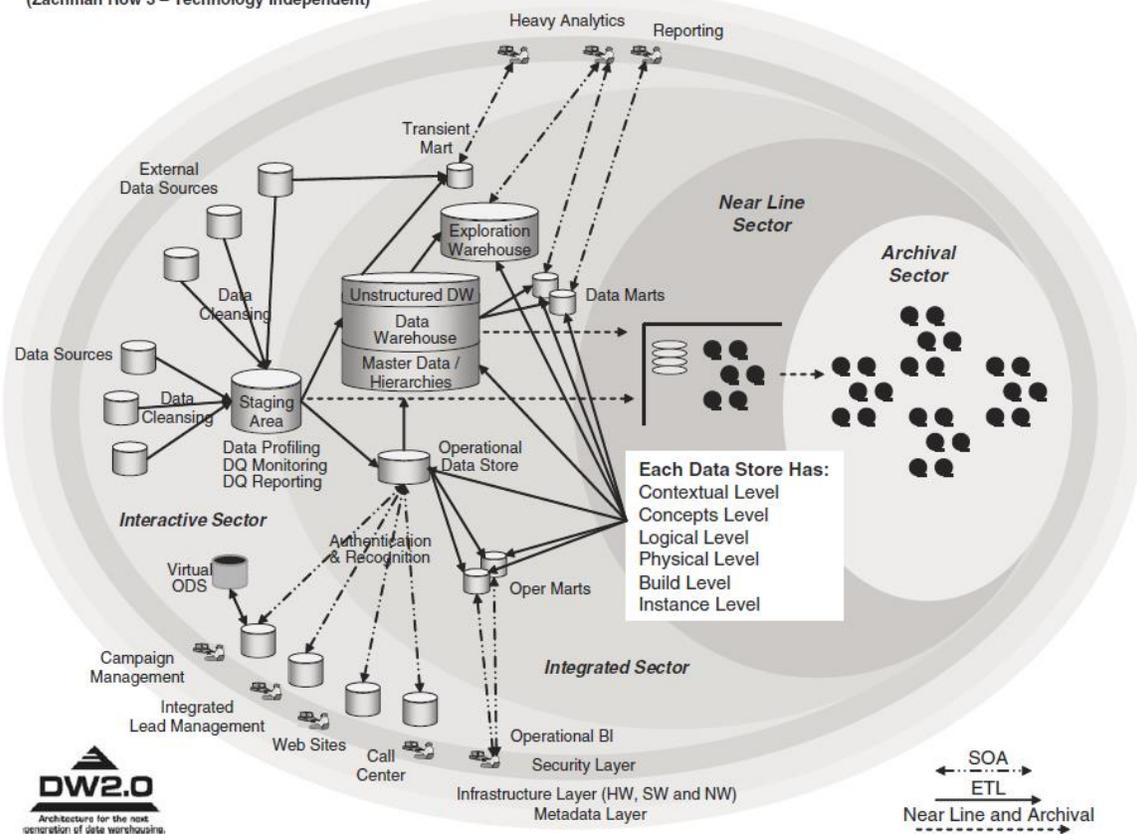


Ilustración 26 - Esquema de arquitectura lógica para un Data Warehouse³⁰

En nuestro modelo los *Data Sources* presentados en el diagrama son los diferentes elementos de captura con los que contamos o sus bases de datos locales. Los datos generados serían transmitidos a un área de *staging* en donde ya llegan normalizados y pueden ser integrados para luego a través de un posterior proceso de extracción, transformación y carga (*ETL*) pueda alimentar el *datawarehouse* desde el cual se podrá consultar la información por los usuarios o las aplicaciones analíticas.

³⁰ Extraído de Inmon Et Al (2010)

4.2.5 Exposición de la información de la información

La capacidad analítica básica consiste en exponer los datos en forma de información de manera tal de poder responder a la pregunta ¿qué pasó? Es lo que llamamos capacidad descriptiva.

La analítica descriptiva hace lo que su nombre indica, toma todos los datos crudos y los expone de tal manera que pueda ser interpretada por las personas.

El grueso de la estadística utilizada y de los reportes tradicionales caen en esta categoría. Esencialmente esta dimensión se centra en los reportes, informes y tableros que se construyen para exponer estos datos de manera útil.

Existen múltiples productos en el mercado que resuelven esta capa. Entre ellos podemos destacar *Qlikview, Tableau, SAP Business Objects* y *Lumira*.

4.2.6 Explotación de la información

En la capa de explotación de la información nos concentramos en aquellas actividades que implican una actividad más allá de la descripción de lo que sucedió.

Llamamos a esas capacidades analíticas superadoras de la descriptiva, las capacidades diagnóstica, predictiva y prescriptiva. Es decir las capacidades que nos permiten responder las preguntas ¿Por qué sucedió lo que sucedió?; ¿Qué va a suceder? y ¿Qué debo hacer?

La capacidad diagnóstica se encuentra en la bisagra entre el apartado anterior y este. Por metodología se encuentra más vinculado al anterior ya que involucra la misma estadística tradicional utilizada para la capacidad descriptiva. También lo es desde las herramientas. Decidimos incluirla aquí por ir un paso más allá de la descripción y así convertirse en una herramienta que agrega valor a los datos, pero principalmente por ser clave en el desarrollo de las otras dos capacidades superiores que son el centro de este apartado.

Las decisiones que deben tomar las empresas requieren el análisis preciso, rápido y asertivo de múltiples variables. En este proceso la realización de predicciones efectivas es clave, pero aún más lo es entender la capacidad de afectar esas

predicciones, es decir el campo de acción con que la empresa cuenta y sus efectos posibles. Estamos hablando de darle forma a un futuro incierto. En la citricultura, al ser una actividad fuertemente marcada por el impacto meteorológico, fuera del control del hombre, este tipo de análisis es clave.

La combinación de la analítica predictiva con la optimización de escenarios (analítica prescriptiva) le permite a las organizaciones identificar cómo el cambio de algunas variables puede afectar el resultado o un *trade-off* relativo entre actividades. Esto se ve, por ejemplo, en la decisión de cuánta fruta cosechada destinar a ser empacada como fruta fresca y cuánta se envía directamente a su procesamiento.

Así el desarrollo de estas técnicas se vuelve fundamental para el aprovechamiento definitivo de la información recopilada a través del modelo de citricultura de precisión.

4.2.6.1 *Machine Learning*

Machine Learning es un método informático que significa un radical cambio de paradigma en la informática tradicional. Este nuevo enfoque elimina la necesidad de que los programadores le digan explícitamente a una computadora qué debe hacer. En su lugar, se le otorga a la computadora la capacidad de reconocer ciertos patrones, es decir podría entenderse que se le da a la computadora la “capacidad de aprender”.

Un caso de éxito de esta tecnología es el “*Watson Oncology*” una solución desarrollada por IBM y varias clínicas de primer nivel de Estados Unidos para ayudar a los médicos en el tratamiento del cáncer. Para su desarrollo se entrenó durante años al programa proveyéndole imágenes, registros médicos, tratamientos, resultados de los mismos, etc. Así el sistema “aprendió” a realizar recomendaciones sobre tratamiento basándose en la evidencia.

En la actualidad la herramienta ya está siendo utilizada en tratamientos reales. En ellos, la herramienta verifica la historia clínica electrónica del paciente (incluyendo la de su familia) y los resultados de los diferentes análisis. Con esto propone un

perfil del paciente para verificación y validación del profesional (explicando el origen de cada característica del perfilado). Tras la verificación médica, Watson analiza la información y prioriza una lista de tratamientos óptimos para el paciente y los propone al profesional.

Podemos ver que estos modelos de análisis son claramente replicables en nuestra industria. Se podría alimentar a una computadora con imágenes de limoneros enfermos y limoneros sanos. Así la computadora podría por su propia cuenta, a partir de los algoritmos de aprendizaje con los que cuenta, determinar los patrones en el tronco, las hojas, etc. que determinan a una planta enferma y así lograr, al ser alimentada con una nueva imagen, determinar si se trata de una planta sana o enferma. Si esa información se complementa con la información de tratamientos y resultados, el sistema sería capaz de proponer a los agrónomos los tratamientos óptimos para su elección.

4.2.6.2 Automatización tecnológica

La automatización tecnológica en la agricultura supone la evolución desde la agricultura de precisión hacia la agricultura autónoma.

Si el desarrollo de la analítica prescriptiva es tal que permite delegar la decisión en el sistema, podemos pensar en una agricultura autónoma a partir de una instrucción ejecutada por un sistema informático a partir de una decisión que el mismo tomó y que es realizada por un automatismo, sin intervención humana. Alternativamente, la validación humana puede estar como confirmación y ajuste de la propuesta del sistema, pero la ejecución dispararse automáticamente tras esta confirmación.

En la citricultura hay tareas como el riego, la fertilización o los tratamientos fitosanitarios que son buenos candidatos a ser automatizados a partir de análisis predictivos-prescriptivos.

Los vehículos conectados, por ejemplo, son uno de los primeros desarrollos de internet de las cosas en irrumpir en la producción agrícola.

El desarrollo de esta aplicación es muy alto para cultivos extensivos como los granos. En este tipo de cultivos los vehículos conectados han alcanzado un alto nivel de sofisticación, incluyendo GPS y múltiples sensores en diferentes partes del vehículo que pueden presentar elaborados reportes a bordo así como enviar los datos a través de una conexión remota. Incluso los últimos desarrollos ya contemplan los vehículos siendo auto tripulados sin requerir el conductor para el trabajo agrícola.

Así la automatización se convierte en el último eslabón de nuestra cadena de valor de la citricultura de precisión siendo la vuelta al inicio que cierra el ciclo y permite incidir sobre las futuras mediciones que se tomen convirtiendo la cadena en un ciclo de mejora y aprendizaje continuo.



5 Adopción tecnológica en el sector

El sector citrícola argentino posee un bajo nivel de adopción tecnológica, principalmente en la etapa foco de esta investigación, es decir en la producción primaria de fruta.

Por un lado, existen dificultades técnicas propias de una producción primaria realizada fuera de los centros urbanos que dificultan la implementación de nuevas tecnologías. Por el otro, la escasa difusión y el buen rendimiento natural generan poco incentivo competitivo para la adopción.

Entendemos que estos desincentivos a la adopción pueden ser explicados por la teoría de difusión de innovaciones, que nos ayudará a comprender que no se ha llegado a la masa crítica de innovadores para permitir el salto en la adopción.

La “difusión de innovaciones” es una teoría sociológica cuyo objetivo es explicar cómo, por qué y a qué velocidad se mueven las nuevas ideas o tecnologías a través de la sociedad. Fue Everett Rogers (2003) quien consolidó esta teoría de la forma que la abordaremos aquí para explicar la difusión de las tecnologías descriptas en la citricultura argentina.

5.1 Elementos de la difusión

La difusión es el proceso por el cual una innovación es comunicada, a través de ciertos canales, a través del tiempo a los miembros de un sistema social. En esta definición podemos identificar fácilmente los cuatro elementos principales de la difusión de innovaciones: la innovación, el canal de comunicación, el tiempo, y el grupo social.

La innovación es una idea, práctica u objeto percibido como nuevo por los potenciales adoptantes. Las nuevas ideas discutidas en la presente investigación

son las nuevas tecnologías presentadas en los capítulos anteriores, alrededor de la utilización de imágenes, internet de las cosas, *Big Data* y *Machine Learning*.

Rogers señala cinco atributos principales de la innovación que pueden influir en su tasa de adopción:

- **Ventajas comparativas:** Si la innovación es realmente mejor que lo que se reemplaza. Si el costo de oportunidad del cambio se justifica. En definitiva si el adoptante entiende que conviene adoptar la innovación.
- **Compatibilidad:** Si la innovación es compatible con las costumbres, experiencias y formas de trabajo de los adoptantes. Por ejemplo, una nueva tecnología que revoluciona la forma de trabajar en una industria particular cambiando sus procesos de raíz, seguramente tendrá mayor resistencia a la adopción que una que se acopla fácilmente a lo existente.
- **Observación:** Se trata de si los adoptantes pueden efectivamente observar los resultados de adoptar cierta innovación. Es una medida de cuán tangibles son los resultados de una innovación.
- **Complejidad:** Hace referencia a la dificultad de entender y aplicar una innovación. En primer lugar si es fácil entender para qué sirve, pero además cuán complejo es ponerla en marcha.
- **Prueba:** Qué nivel de experimentación con la innovación es posible antes de tomar la decisión de implementarla.

El canal de comunicación son los medios por los cuales los potenciales adoptantes toman conocimiento de la innovación que existe. Los canales masivos son más efectivos en generar conocimiento de la nueva tecnología, pero son los canales interpersonales lo que mayor influencia poseen para generar o modificar una actitud frente a determinada innovación.

El tiempo se involucra en la difusión a través del proceso de decisión de la innovación. Este proceso consiste en los pasos por los que el adoptante atraviesa desde que tiene conocimiento de una innovación hasta que toma una decisión de adoptar o rechazar. Estos pasos son, Conocimiento, Persuasión, Decisión, Implementación y Confirmación. En la industria citrícola argentina, en muchos casos

aún no hemos cumplido con la etapa de conocimiento, por lo que los tiempos para la difusión de estas innovaciones pueden ser extensos.

Por último, el sistema social son las unidades interrelacionadas en un problema conjunto cuya resolución beneficia a todos. El objetivo común puede ser identificado como la ganancia de productividad derivada de la incorporación de las innovaciones descritas. Un elemento clave en los sistemas sociales son los líderes de opinión, quien es el que puede torcer las actitudes del resto. Es el agente de cambio.

5.2 **Innovatividad y categorías de adoptantes**

Innovatividad es una dimensión de tiempo continua que mide la velocidad en que es adoptada una determinada innovación.

En función de la *Innovatividad*, Rogers define las categorías de adopción. Estas son la clasificación de los miembros de un sistema social a partir de su velocidad para adoptar una innovación.

La distribución de los adoptantes a través del tiempo tiende a seguir una distribución normal. La partición del continuo de *innovatividad* nos permite definir cinco categorías de adopción:

- Innovadores (2,5%) Se los describe como aventureros. Buscan probar las nuevas tecnologías, como parte de una búsqueda constante de explorar lo nuevo. Esto hace que sean los primeros en adoptar una tecnología novedosa.
- *Early adopters* (13,5%) Se los categoriza como respetables. Vienen inmediatamente después de los innovadores. En general son líderes en los negocios. Adoptan la nueva tecnología, no como exploración tecnológica, sino porque puede reconocer los beneficios para el negocio y no requieren referencias de éxito de terceros con la nueva tecnología para validar estos beneficios.
- Mayoría Temprana (34%) Son los deliberativos, ya que extienden el análisis hasta tomar la decisión de adopción. No son los últimos, pero están lejos de

ser los primeros. Necesitan de suficientes experiencias de terceros exitosas para decidir adoptar una tecnología nueva.

- **Mayoría Tardía (34%)** Se trata de los escépticos. Tienen desconfianza ante las innovaciones. Se sienten cómodos con el *statu quo* y no innovarían si no fuera por la presión que genera la adopción del resto.
- **Rezagados (16%)** Se los describe como los tradicionales. Son los últimos en adoptar una tecnología o hasta es posible que no la adopten del todo. Su referencia es el pasado y las fórmulas de éxito anteriores.

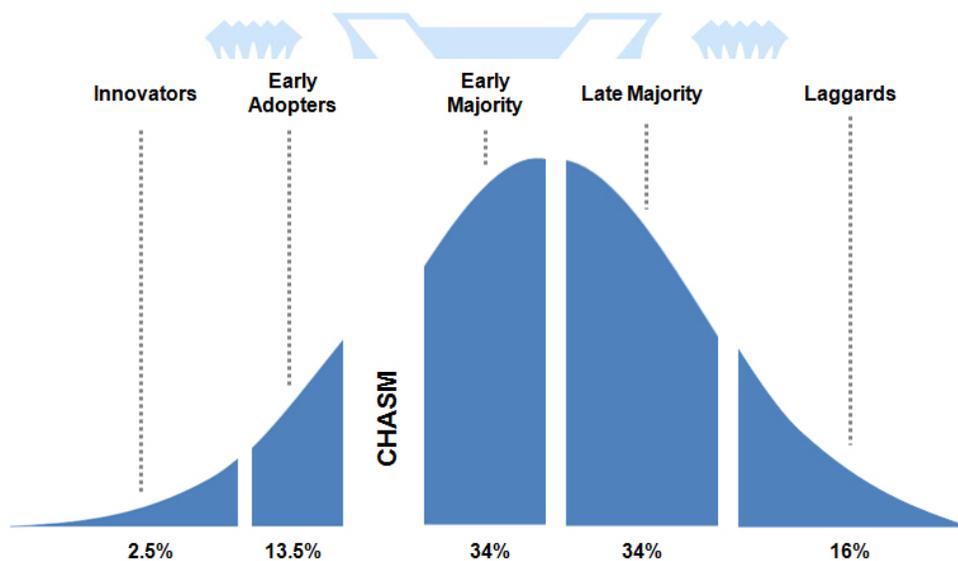


Ilustración 27 - Curva de distribución normal de innovatividad y cortes por categorías de adoptantes

En la ilustración anterior podemos observar la distribución de cada categoría a lo largo de la curva de *innovatividad*. Podemos observar que se incluye un “abismo” entre los *Early adopters* y la mayoría temprana. Esto es porque es el pasaje de mayor complejidad. Los innovadores y *Early adopters* van a adoptar tecnologías que luego no alcancen difusión. Es recién luego de la adopción de la mayoría temprana que podemos empezar a asumir que la innovación se difundirá. Así, ese vacío es la barrera a cruzar por las innovaciones para poder ser difundida.

5.3 La difusión de innovaciones tecnológicas en la industria citrícola argentina

La industria citrícola argentina se caracteriza por tener pocos jugadores de peso y un bajo nivel de *innovatividad*.

En este sentido hoy no existen de jugadores de peso que cumplan el rol de los innovadores o *Early adopters*. Así mismo, vemos difícil la existencia de un jugador de la industria que pueda ocupar el rol de innovador, este rol será ocupado por miembros de otras industrias agrícolas, como la producción de granos, que abre el camino a las nuevas tecnologías. Esto está sucediendo y generando casos de éxito en agricultura que pueden generar las condiciones para que surjan agentes de cambio en la industria citrícola que formen parte de los *Early adopters*.

Es así, que identificamos como potenciales agentes de cambio de la industria a los jugadores de peso en la industria que hoy deciden ocupar el lugar de mayoría temprana y pueden convertirse en *Early adopters*. En la actualidad este rol es clave para la difusión de las innovaciones y existen indicios de voluntad de cambio entre algunos de los principales referentes del sector.

Sin embargo, aún debemos considerar que la citricultura, principalmente en nuestro foco de investigación, la etapa primaria, es un sistema tradicional. Esto supone un número elevado de rezagados o mayoría tardía, en el mejor de los casos. Enfocados en las formas probadas de ejecutar los procesos en el pasado.

Ahora bien, el valor de ser el primero de la industria es significativo dado el crecimiento exponencial que se puede dar a partir de la adopción digital y las dificultades que esto supone para los seguidores que posiblemente no puedan abandonar el lugar de seguidor. Estrategia que en el contexto digital tiende a ser menos inteligente que en contextos anteriores.

En síntesis, existen hoy barreras culturales de adopción de tecnología que son necesarias superar para poder lograr la adopción tecnológica. El camino a su superación, entendemos, deberá ser marcado por jugadores de peso en la industria que tomen la decisión de jugar como *Early adopters*.

6 Perspectivas del sector

El cambio que está comenzando a gestarse en la citricultura entendemos que se inscribe dentro de un cambio general que se encuentra presente en todos los sectores productivos y es la disrupción digital.

En ese sentido, cuando hablábamos de adopción tecnológica en el apartado anterior, no nos referíamos a una cosa, a una pieza de tecnología particular, sino a una forma de hacer las cosas. A un modelo digital, que es el modelo presentado en la cadena de valor de la citricultura de precisión.

Para entender el impacto de adopción de un modelo digital podemos formular, siguiendo la propuesta de *McKinsey* (Dörner K. et al, 2015), tres espacios principales de digitalización:

- Creación de valor en el modelo de negocio actual
- Creación de valor a partir de nuevos modelos de negocio
- Creación de capacidades que soporten toda la estructura.

A continuación exploraremos cada espacio y las perspectivas para el sector alrededor del mismo.

6.1 Creación de valor a partir del modelo de negocio actual

El modelo de negocios actual puede verse muy impactado a partir de la adopción de la cadena de valor de la citricultura de precisión planteada. Este espacio se basa en repensar cómo las nuevas capacidades permiten mejorar la forma en que nuestros clientes son servidos.

Siguiendo a *McKinsey* (Dörner K. et al, 2015), dentro de este espacio hay cuatro capacidades claves en este espacio de cuya interacción se puede lograr el objetivo:

- *Toma de decisiones proactiva.* La toma de decisiones basada en la inteligencia de negocios, en información real. Es el resultado de una buena estrategia en el back office con sistemas analíticos que proveen una visión en tiempo real de los elementos relevantes para la decisión, permitiendo actuar de manera anticipatoria. Esta capacidad es una de las de mayor impacto en la citricultura, analizaremos más adelante los motivos.
- *Interacción contextual.* Es una capacidad basada en el cliente y cómo él interactúa con la marca, de manera de poder incidir en esa interacción. El desarrollo de esta capacidad hoy en la citricultura tiene elementos particulares por el tipo de relación con los clientes, la cual es muy personalizada y no hay una relación de marca con el consumidor final del producto.
- *Automatización en tiempo real.* La automatización de la cadena de abastecimiento y de los procesos de negocio centrales puede reducir los costos, incrementar la efectividad, pero fundamentalmente provee la flexibilidad para responder y adaptarse a los cambios.
- *Innovación en el journey del cliente.* Ser un buen proveedor de nuestros clientes nos habilita a innovar en la manera que interactuamos con ellos y les vendemos.

Si retomamos el *canvas* del modelo de negocio podemos observar que la *Toma de decisiones proactiva* y la *Automatización en tiempo real* tienen mayor impacto en la *Propuesta de valor* y las *Actividades clave*. Mientras que la *Interacción contextual* y la *Innovación del journey del cliente* lo hacen en la *Relación con los clientes* y en los *Canales*. En esta sección nos concentraremos en los dos primeros por relacionarse de manera directa con el foco de nuestra investigación, por un lado, y porque entendemos que las dimensiones de clientes y canales se van a ver más impactadas por la creación de valor en nuevos modelos de negocios, que trataremos a continuación.

6.1.1 Propuesta de Valor

Respecto a la propuesta de valor, los elementos que pueden verse positivamente impactados por la transformación digital son la calidad, la disponibilidad y el conocimiento.

6.1.1.1 Calidad

Cuando hablamos de calidad, nos referimos a la expectativa del cliente sobre el producto adquirido, pero a la vez, nos referimos a la capacidad de servir esa expectativa y excederla cada vez con menor esfuerzo.

El negocio industrial y el de fruta fresca tienen diferentes criterios de calidad, pero siempre se mide contra una especificación (expectativa) del cliente. Mientras en el negocio industrial estas especificaciones consistirán en el grado de acidez, el *brix*, la cantidad de partes por millón de agroquímicos, etc., en el negocio fresco a esas características se sumarán el tamaño de la fruta y sus características estéticas.

Podemos rápidamente identificar que para cumplir con los requerimientos de calidad del producto terminado (ya sea un pallet de fruta fresca en cajas, o derivados industriales como jugo o aceite) es sumamente relevante identificar con el mayor grado de certeza las características buscadas en la fruta que servirá como materia prima.

Como planteábamos en la “Ilustración 1 - Esquema del complejo citrícola Argentino”, la materia prima es derivada mayormente a la producción de fruta fresca, donde sobre el total procesado el 30-33% es efectivamente empacado para la comercialización, mientras que el resto es “descartado”, es decir, re direccionado a la industria para su procesamiento.

Ese flujo tiene varias pérdidas de valor. Desde las más evidentes asociadas al gasto logístico y operativo de trasladar a dos instalaciones la fruta, procesarla dos veces para obtener un producto, hasta otras menos evidentes como que el rendimiento de aceite de un limón que atraviesa un proceso de selección en empaque es menor al

de un limón que es directamente procesado tras la cosecha (asumiendo similares condiciones iniciales).

En este sentido poder tener identificado con anterioridad a la cosecha las características esperadas de la fruta de cada uno de los lotes, permitiría identificar los lotes óptimos a ser cosechado para servir la combinación de pedidos que la compañía tiene en determinado momento y, así mismo, identificar mejor aquellos lotes, que buscando maximizar beneficios, sea más conveniente enviarlos directamente a procesamiento en lugar de que pasen primero por la línea de empaque.

El primer paso para esto podría ser la consolidación de un Sistema de Información Geográfica (GIS) que contenga además información analítica relativa a las características esperadas de los cultivos. Esta información podrá obtenerse por diversos métodos. En principio, métodos tradicionales, de laboratorio y estimación, pero luego se pueden desarrollar mediciones conectadas a partir de Internet de las Cosas y modelos de *Machine Learning* que puedan ir identificando el resultado analítico a partir de la medición en tiempo real de esas variables.

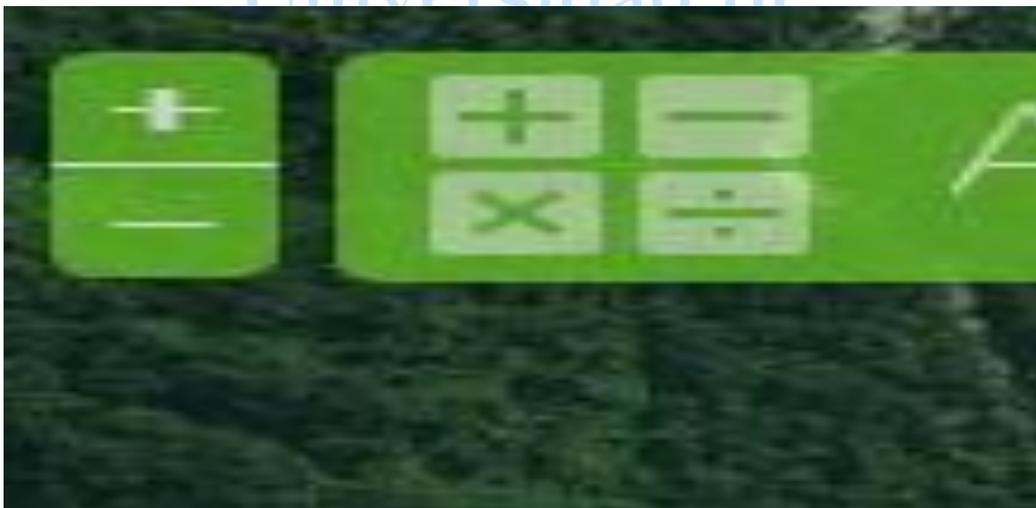


Ilustración 28 - Ejemplo de mapa de rendimiento por lote productivo sobre plataforma ArcGIS



Ilustración 29 - Ejemplo de mapa de densidad de plantas por lote productivo sobre plataforma ArcGIS

En un mapa como los presentados se puede disponer de la información básica del inventario de plantaciones sobre la cual se podría disponer de capas adicionales de la siguiente información.

- Fecha óptima de cosecha
- Rendimiento esperado del lote en cosecha
- Rendimiento esperado en empaque del lote
- Rendimiento esperado de aceite

Estás cuatro variables básicas son de gran utilidad para determinar el lote óptimo a ser cosechado para servir cierto pedido. Si la medición de las variables pudiese alimentar un modelo de *Machine Learning*, no sería descabellado pensar que el modelo pueda proyectar como se ven afectadas cada una de esas variables en diferentes modelos temporales para potenciar así la toma de decisiones. En este sentido, si el modelo tuviese conocimiento del plan de entregas esperado podría planificar el mejor plan de cosecha y proponerlo para su ejecución.

Las variables mencionadas no agotan todas las posibilidades, son simplemente un inicio donde la medición y la analítica computacional pueden comenzar a dar *insights* que sumen valor por encima de lo que es posible por métodos tradicionales. Un ejemplo donde se puede crecer es en las variables logísticas.

El esquema planteado no considera la distancia, ni la complejidad de operación logística del traslado de la fruta del campo a la planta industrial. (Hoy por la locación de los campos, la mayoría se encuentra cerca de las plantas que lo procesan). Esta información (disponibilidad de transporte, rutas, etc.) puede ser sumada al modelo y así incorporar esta dimensión en la optimización.

Así, vemos que una vez construido el modelo inicial de capacidad predictiva incorporar variables que refinen la predicción es un trabajo que no cesa y contribuye a la robustez del modelo.

A continuación presentaremos modelos de automatización y predicción de la medición y análisis para las dimensiones de rendimiento de cosecha y rendimiento en las plantas industriales, como ejemplos de que cada una de las variables que van construyendo el modelo son pasibles de contener su propio modelo.

6.1.1.1.1 Rendimiento de cosecha

Gran parte de la información que revisábamos en el apartado anterior puede lograr ser obtenida de forma automática.

Aunque aún en fase de desarrollo y puesta a punto para su explotación comercial efectiva, la compañía Agerpoint (<http://agerpoint.com/>) ha desarrollado un sistema de captura a partir del cual, combinando un escaneado laser 3D, video y GPS, desde un vehículo capturan todas las características relevantes de la planta.



Ilustración 30 - Vehículo de captura de datos de la planta de Agerpoint

Tras un recorrido del campo la captura puede actualizar en el Sistema de Información Geográfica el resultado. La primera capa contendrá la información básica de inventario. Mapeará la siguiente información:

- Tipo de variedades plantadas
- Ubicación exacta de cada planta
- Individualización de las características de las plantas (Altura, Diámetro de copa, Diámetro de tronco, densidad foliar)



Ilustración 31 - Imagen de un lote mapeado por Agerpoint

Así vemos que la primera capa a la que hacíamos referencia es automatizable. Sobre esta capa y con la utilización de la misma plataforma tecnológica se pueden incorporar estimaciones automatizadas del rendimiento de las plantas.

Las estimaciones de rendimiento manuales se hacen en tres etapas, durante la floración, cuando la fruta surge y, una final, próxima a la fecha de cosecha. Estas estimaciones son visuales y se basan en cálculos a partir de las observaciones.

Dichas observaciones pueden ser reemplazadas por la captura por un sistema como el presentado y así incorporar la capa de rendimiento esperado de cosecha en nuestro Sistema de Información Geográfica.

6.1.1.1.2 Calidad en origen (Rendimiento de empaque y aceite)

Resuelto el problema de identificar la cantidad de fruta que podemos obtener, de dónde y sus características básicas, el siguiente punto es entender cuánto va a rendir esa fruta como producto final que es vendido a nuestros clientes, es decir el rendimiento que tendrá el empaque y el rendimiento de su procesamiento, que se evalúa principalmente por el rendimiento de aceite, que es el derivado industrial del limón de mayor contribución. Si nos concentráramos a otras variedades cítricas, como la naranja, posiblemente consideraríamos otras variables, pero el ejercicio conceptual es el mismo.

Para entender esos rendimientos es crucial comprender la calidad en el origen. Este aspecto puede registrarse mediante un análisis muestral que permite estimar cuánto va a rendir un lote en empaque y cuánto va a rendir en aceite. Este análisis puede sumarse a nuestro sistema y contribuir a la toma de decisión de qué lote utilizar en cada caso. Sin embargo, un modelo analítico robusto exploraría las causas detrás de esas estimaciones, de manera de poder afectar sobre las mismas. Este tipo de modelos pueden construirse a partir de técnicas de *Machine Learning* como alternativa superadora a los modelos deterministas clásicos.

El principal elemento a medir para sacar conclusiones sobre la calidad es el tratamiento agrícola que reciben las plantas. En este sentido a partir de una observación automatizada como la que describíamos en el apartado anterior podemos definir las necesidades de tratamiento (fitosanitario, fertilización, etc.) que cada planta requiere.

La posibilidad de llevarlo a nivel de planta nos permite ser más eficientes si podemos implementar un sistema de aplicación que pueda gestionar una aplicación diferenciada, planta por planta en función de un programa de pulverización precargado.

Luego lo importante es poder evaluar la efectividad de aplicación de los diferentes tratamientos. Un seguimiento efectivo de la ejecución de los tratamientos nos permitiría evaluar eso.



Ilustración 32 - Visualización de calidad de aplicaciones GeoAgris31

³¹ Imagen obtenida de <http://geoagris.com/>

En la imagen previa podemos observar la evaluación de una aplicación, indicando en rojo los sectores mal aplicados, en verde los correctos y en celeste los no aplicados. Si cruzáramos esta información con el rinde específico de ese lote en empaque un modelo de *Machine Learning* podría comenzar a elaborar un modelo que determine con claridad el impacto de la calidad de aplicaciones sobre el rendimiento. La imagen considera para su evaluación solo la velocidad de aplicación, pero como en los diferentes casos que venimos analizando la posibilidad de incorporar capas adicionales de información, como por ejemplo caudal o tipo de producto, no tiene límites.

Ahora bien, el siguiente desafío es poder comprender cómo impactan en la calidad las actividades que ocurren entre que la fruta es cosechada e ingresa a la línea de producción. En la actualidad, la fruta mantiene trazabilidad completa desde el origen debido a las regulaciones fitosanitarias, pero ella solo indica el lote desde el que proviene determinada fruta. Todavía existen grandes oportunidades para entender mejor lo que ocurre en todo ese período y esto es posible a partir de la aplicación de la cadena de valor de la citricultura de precisión que presentamos en este trabajo.

Aplicando el modelo de citricultura de precisión se puede ganar mucha información al respecto. Pudiendo insertar un *tag* identificador a los *bins* donde se recolecta la fruta cosechada podemos incrementar de manera exponencial la cantidad de información de la que se dispone.

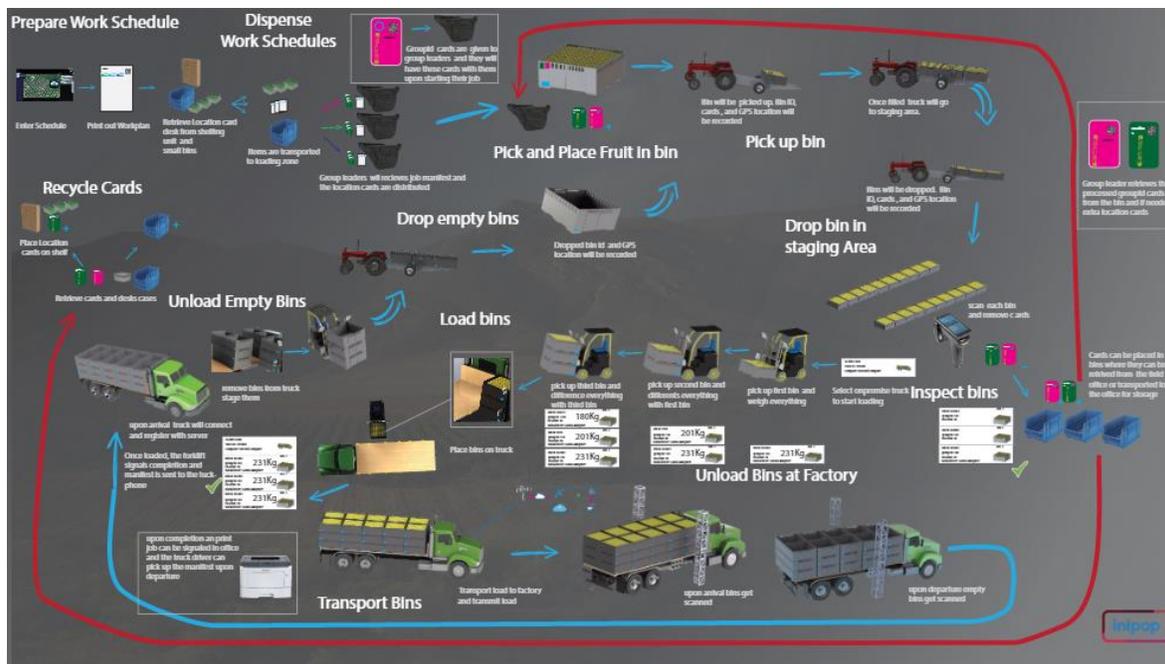


Ilustración 33 - Diagrama de solución de trazabilidad de Bins32

El *Tag* identifica unívocamente a cada *bin*. A partir de esta identificación, fácilmente se puede asociar el equipo de trabajo que se asignó para cosechar ese *bin*. Una vez cosechado, el tractor que recoge cada *bin* desde el lugar de cosecha puede registrar la posición *GPS* de dónde fue recogido, incrementando el detalle de origen de la fruta a la calle de cosecha.

Los *bins* son acumulados en la playa de despacho, aquí un auto elevador equipado con balanza puede pesar individualmente los bins, mientras realiza la carga del camión, permitiendo conocer el detalle de pesos y no solo el acumulado de un camión. Una vez consolidado el camión, se le puede hacer seguimiento por *GPS* y recepción automática a través de *RFID*.

Este tipo de trazabilidad nos permite identificar con mayor precisión el origen de la fruta, pero también registrar de manera detallada el ciclo de vida del bin, para poder

³² Elaborado en el marco del desarrollo de una prueba de concepto de solución por la consultora Inipop (www.inipop.com) con participación del autor.

evaluar posteriormente los efectos sobre calidad de los diferentes tratamientos y tiempos que se incurren entre las actividades.

6.1.1.2 Disponibilidad

Asegurar la capacidad de entregar sobre promesa con alto grado de efectividad en una industria donde la operación ofrece escenarios inciertos producto de la variabilidad del clima y los rendimientos, es un alto valor que se convierte en un diferencial en la propuesta de valor del negocio.

Los aspectos analizados en el apartado de calidad nos permiten conocer la disponibilidad de fruta para ser exportada tras su empaque o procesamiento. Sin embargo, para la disponibilidad es crítico poder conocer la capacidad de disponer de la fruta en el mercado donde será entregada a los clientes.

Para mitigar la falta de disponibilidad de fruta producto de factores exógenos, un buen esquema es contar con múltiples orígenes que abastezcan a los mismos clientes. Es decir, extender la operación a otros países que puedan proveer los mismos productos.

Integrando estos orígenes al mismo modelo de información y considerando además la información logística respecto de rutas de transporte podemos continuar automatizando la optimización de entrega a los clientes a partir de la determinación óptima desde donde servir a los requerimientos del cliente

Así, integrando la información de oferta óptima de fruta de cada origen posible, la oferta de canales de distribución logísticos disponibles y los requerimientos del cliente, podemos obtener el balance óptimo de orígenes para abastecer a los clientes.

6.1.1.3 Conocimiento

La oferta principal de las grandes empresas citrícolas a sus productores estratégicos, como socios en la obtención de materia prima, es el acceso a

mercados internacionales que por sus propios medios no podrían gestionar de manera eficiente.

Algo similar podemos obtener de la aplicación de nuestro modelo de valor de la citricultura de precisión. Incorporar a los socios productores al modelo de información contribuye de manera significativa al crecimiento del beneficio mutuo de la asociación.

Los productores independientes no tienen el tamaño, ni la integración vertical para obtener valor completo de las soluciones planteadas en este trabajo. En este sentido, difícilmente lo adopten por sí mismos. La incorporación de los pequeños productores al modelo de información de las grandes compañías beneficia a los productores porque les contribuye a la maximización de resultados de su producción. Sin duda contribuye de igual o mayor manera a la empresa desarrolladora del modelo ya que incorpora a sus socios productores a su sistema, maximizando el valor que extrae de la sociedad, pero a su vez reforzando el compromiso de ambas partes en esa relación.

6.1.2 Actividades Clave

Las tareas de mantenimiento agrícola son, quizá, unas de las principales actividades claves del modelo de negocio analizado ya que están en relación directa al producto. Las perspectivas de impacto sobre las mismas fueron analizadas en detalle en el apartado anterior ya que están íntimamente ligadas a la propuesta de valor planteada.

I+D, por su parte, es una actividad que hoy está orientada al desarrollo de productos. En este sentido, vemos que la adopción del sistema propuesto no generará un impacto radical sobre I+D, aunque obviamente, la adquisición de tecnologías específicas que contribuyan al desarrollo de productos tendrá un impacto positivo, pero lo hará como aporte independiente y no como parte del sistema. Independientemente de lo planteado, consideramos que la compañía que ocupe el lugar de *Early adopter* y sea el promotor de la adopción en el sector verá reconfigurado su actividad de I+D para incluir el desarrollo del sistema de citricultura

de precisión dentro de su alcance. Como dijimos, no será un desarrollador de tecnologías, pero sí un pionero en su utilización en la industria para lo cual necesita de un trabajo de entendimiento y diseño de cómo incorporar las nuevas tecnologías al sistema.

Por su parte, las actividades de empaque e industria se van a ver principalmente beneficiadas por la posibilidad de una planificación mejorada y de contar con materia prima que maximice su producción. El sistema en sí está focalizado en la etapa primaria, pero este impacta positivamente en toda la cadena de valor repercutiendo en las etapas industriales.

La relación con los clientes se ve impactada de manera similar. El sistema planteado, al final de cuentas, tiene como objetivo potenciar la satisfacción de los clientes garantizando de mejor manera los elementos incluidos en la propuesta de valor, por este motivo debe contribuir a la relación a través de mejorar la capacidad de servirlos en el momento esperado con la calidad esperada.

Más allá de esas actividades, vemos que en la cosecha y la distribución hay perspectiva de impacto del sistema de citricultura de precisión planteado. Esos impactos son los que profundizaremos en esta sección.

6.1.2.1 Cosecha

La cosecha representa el principal costo de mano de obra de la producción cítrica. En este sentido, su automatización ha sido un objetivo principal de la industria hace mucho tiempo.

Las máquinas disponibles actualmente tienen varias contras que evitan su difusión. En primer lugar no sirven para cosechar fruta para venta en fresco por el deterioro que sufre la fruta al ser cosechada. Luego, si bien puede ser utilizado para cultivos cítricos dulces donde el principal valor industrial viene del jugo, la pérdida de aceite que la fruta sufre lo hace antieconómico en producciones de limón. Finalmente, los costos de esta maquinaria aún no han cortado la curva de costos de cosecha manual en países como la Argentina.

Es de esperar que los sacudidores evolucionen, incorporando sensores para controlar la sacudida al nivel óptimo entre maximización de la cosecha y minimización del daño a la fruta. Haciendo así viable para la cosecha con destino industrial la incorporación de este tipo de cosechadoras.

Para la cosecha con destino a fresco, o incluso aquella destinada a la producción de aceite, el desarrollo de la robótica deberá ofrecer cosechadores manuales que emulen a las personas, pero con un robot. En la actualidad la compañía Energid³³ continúa desarrollando un robot con múltiples brazos para cosecha “manual” basándose en una tecnología que desarrolló para la NASA.

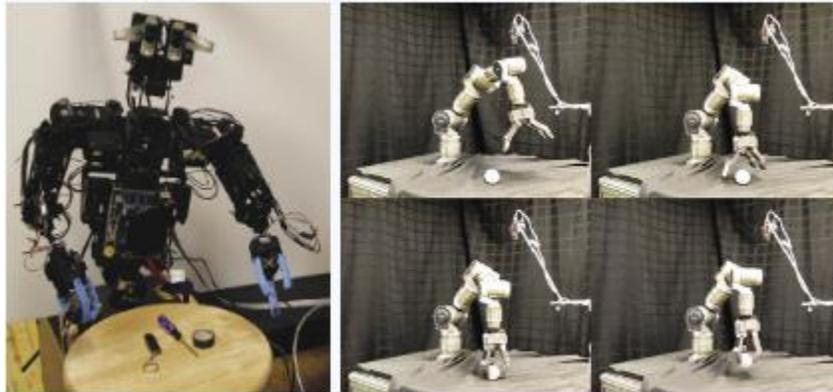


Ilustración 34 - Prototipos de robots de Energid³⁴

Deberíamos esperar que el desarrollo de la cosecha robotizada, tenga un impacto en el diseño de las plantaciones e incluso en el diseño de las plantas para maximizar la producción tomando como ventaja las diferencias de la cosecha ejecutada por robots en lugar de personas.

³³ Imagen obtenida de https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2010/ip_9.html

³⁴ Imagen obtenida de https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2010/ip_9.html

6.1.2.2 Distribución

Los camiones autónomos hoy son, casi, una realidad. La tecnología está disponible. El año pasado *Uber* completó una entrega de cervezas *Budweiser* con un camión autónomo que manejó 120 millas hasta su destino.

El potencial de desarrollo de este tema da para un trabajo de investigación en sí mismo. No es nuestra intención profundizar en el desarrollo del sistema de conducción autónoma a través del cual se pueden obtener múltiples ventajas para la sociedad. Sin embargo sí es relevante entender cómo se integra esta tecnología al sistema propuesto de citricultura de precisión.

Una logística autónoma y conectada permite cerrar la fluidez de la cadena de valor. Si los camiones reciben la información de cuándo y dónde van a ser requeridos, estos pueden estar allí por el simple intercambio de información con el sistema de información sin requerir de la intervención humana y realizar la entrega con mayor eficiencia.

Ese escenario final, donde se prescinde completamente de la intervención humana puede estar a algunos años de distancia, pero iremos viendo cómo las diferentes tecnologías que lo harán posible se irán sumando a la gestión logística de los camiones de manera progresiva permitiendo extracciones parciales de valor. El escenario completo requiere el propio desarrollo del sistema de conducción autónoma que involucra al sistema de transporte en general y no solo al sistema citrícola.

6.2 Creación de valor a partir de nuevos modelos de negocio

La transformación digital requiere estar abierto a reexaminar la forma completa de hacer negocios. Esta dimensión puede significar el desarrollo de un negocio completamente nuevo en categorías adyacentes o aprovechar áreas de valor no explotadas en el sector existente.

Así, podemos ver que si bien nuestro trabajo se focaliza en el modelo de negocio actual y cómo la adopción de un sistema de citricultura de precisión puede

potenciarlo, la transformación digital que requiere dicha adopción abre la puerta al aprovechamiento de nuevas oportunidades.

6.2.1.1 Nuevos Productos

Al referirnos a nuevos productos, tratamos básicamente de tres tipos. Nuevas variedades cítricas, nuevos derivados industriales u otro tipo completamente distinto de frutas.

Fácilmente podemos observar que el sistema presentado en el presente trabajo permite maximizar el valor de cualquiera de esos tres tipos de productos. Como dice Alexander Osterwalder, creador del modelo de canvas de negocio, “La competencia en productos es la competencia del siglo pasado; hoy se debe ser capaz de competir en modelos de negocio.” (Miller, 2016) Así, si bien, el producto sigue estando en el centro de la propuesta de valor, vemos que la potenciación del modelo de negocio puede ser utilizada para diversos productos.

Serán los desarrollos de I+D los que identifiquen las nuevas variedades de fruta que los consumidores pueden preferir. Alteraciones en el gusto (nivel de acidez, dulzura, etc.), eliminación de las semillas, cantidad de jugo, mejoramiento estético, etc. pueden contribuir a incrementar la porción de mercado producto de la generación de nuevos productos más atractivos para los consumidores.

Algo similar puede suceder con los derivados industriales. Al entender las necesidades de los clientes B2B pueden aparecer nuevas oportunidades para productos distintos, pero no se debe descartar la posibilidad de avanzar en la cadena y desarrollar un producto industrial de consumo. El desafío para este tipo de productos es el desarrollo de canales que hoy no existe, pero si los mismos se desarrollan para el producto fresco que es en sí mismo B2C, estos pueden reaprovecharse.

Por último, si analizamos el modelo de la citricultura de precisión, podemos fácilmente identificar que puede ser replicado con cualquier otro tipo de fruta. Por dicho motivo, quien adopte tempranamente un modelo como el presentado tiene la

ventaja comparativa de poder competir en otros productos extrayendo valor de la estructura de conocimiento desarrollada para el limón y los cítricos.

6.2.1.2 Nuevos Canales

La integración completa de la cadena de valor de la citricultura de precisión simplifica la incorporación de las terceras partes, los productores estratégicos, al sistema. La plataforma de la citricultura de precisión se convierte en parte de la oferta de valor a los productores estratégicos, quienes se benefician del modelo desarrollado.

Así, la información de los socios, los productores estratégicos, está disponible en el sistema y su oferta puede ser integrada a la oferta de la compañía que desarrolló la plataforma. De esta manera, al integrar a los socios estratégicos al sistema puede consolidarse el terreno para el desarrollo de una plataforma bilateral como evolución al negocio de *trading* tradicional.

En esa plataforma la compañía que lidere la adopción del sistema puede tomar ventaja de la información de oferta para reflejarla en la plataforma y a la vez cuenta con los clientes preexites a quienes puede reconducir a través de esta plataforma. Así se puede resolver el dilema inicial de formación de un mercado bilateral, potenciando las oportunidades de negocio y multiplicando exponencialmente el acceso a información de la industria.

La siguiente transformación que significa este cambio es la conversión en una empresa de conocimiento. Esta cultura de conocimiento y gestión de la información como activo genera espacio fértil para, una vez madurado el modelo presentado, se extiendan estas prácticas más allá de la cadena de valor. Así hay espacio para el desarrollo de productos orientados directamente al consumidor a través de un mejorado conocimiento del mismo. Desarrollando así un canal B2C real.

Por su parte, no parece realista que haya un impacto significativo en los derivados industriales. Aquí la naturaleza B2B a través de un canal directo no parece que vaya a cambiar significativamente. Sin embargo el desarrollo de productos

industrializados de consumo es una alternativa que puede aprovechar el desarrollo de canales que pueda hacer la fruta fresca.

6.3 Creación de capacidades que soporten toda la estructura.

Este elemento consiste en la plataforma tecnológica y de procesos que habilitan a una empresa ser lo suficientemente ágil para triunfar en el escenario digital.

Es aquí donde las áreas de IT de las compañías cobran un rol clave. Hasta aquí las transformaciones eran del negocio. La relevancia de este elemento es que establece las necesidades de la organización para habilitar que el negocio pueda adoptar la transformación que supone la digitalización de su negocio.

Tradicionalmente, las compañías favorecieron un esquema incremental de modernización de IT. Eso significaba modernizar los principales puntos de dolor y a continuación los problemas que fueran surgiendo. Para habilitar la transformación digital y evitar el efecto de disrupción externa, las compañías necesitan modernizar IT de punta a punta.

IT debe abandonar su rol como área de servicio al resto de la compañía y convertirse así en un socio del negocio que desarrollará la estrategia apuntalada en la tecnología en conjunto con el negocio. Desde luego que se deberá continuar con todas las tareas de soporte a la operatoria diaria, pero el planteo que la evolución no puede ser poco a poco de manera incremental descoordinada. La unión con el negocio determinará el objetivo final, la visión, y luego como elaborar fases para su implementación.

Abandonar el esquema incremental, no es bajo ningún concepto llevar adelante un único proyecto eterno que cubra todas las necesidades. El enfoque ágil para la construcción y desarrollo de los productos tecnológicos continúa siendo recomendado. Pero el objetivo de negocio final es el que está incluido en la visión aunque las fases que se van implementado sean incrementales.

Tomando como objetivo de negocio lo discutido en los apartados anteriores, la creación de capacidades para soportar la estructura se encuentra en estrecha

relación a elementos que ya presentamos como parte de la cadena de valor de la citricultura de precisión.

En concreto hay dos capacidades fundamentales a desarrollar desde lo tecnológico, que en las industrias del sector se encuentran atrasadas y sin ellas el modelo no es desarrollable.

En muchos otros sectores, estos dos puntos ya se encuentran zanjados hace tiempo y, posiblemente, no sean discutidos como parte de la transformación digital. En la producción citrícola argentina están rezagados y, como dijimos, son fundamentales. Nos referimos a la conectividad y el almacenamiento de datos.

En primer lugar se encuentra la conectividad. No es concebible ingresar a un modelo de negocio digital sin estar conectado. La información debe fluir lo más cercano al tiempo real posible y para esto la conectividad de las áreas productivas remotas es el principal punto técnico a resolver. En función de las tecnologías presentadas, podemos asegurar que, en la actualidad, este desafío es superable desde lo técnico y económicamente viable. Hay una decisión de adopción. En estas decisiones es donde podemos observar el cambio de concepto de desarrollo incremental por uno punta a punta. En el marco de una transformación digital del modelo de producción citrícola no se presentan dudas respecto a la necesidad y valor de conectar las fincas productivas. Sin embargo, bajo el esquema tradicional incremental, donde cada inversión es evaluada en función de su repago individual y no del desarrollo del sistema, los desafíos para la adopción son mayores.

Luego, en relación al almacenamiento de datos, el problema se resuelve casi en simultáneo con la resolución de la conectividad. Decimos esto debido a la posibilidad de explotar el almacenamiento y computación en la nube a partir de encontrarse conectados. Las opciones actualmente existentes, entre las cuales podemos destacar los servicios más populares como Azure de Microsoft o AWS de Amazon, cubren sin ninguna limitación los requerimientos del modelo.

Resueltos esos dos aspectos, que consideramos fundacionales, no hay una regla específica respecto a los siguientes pasos. Será entre los líderes de IT del negocio,

quienes deberán definir el *roadmap* para los próximos años. La secuenciación respecto a zona geográfica o línea de negocio u otra variable siempre son posibles y deberán ser analizadas caso a caso y definidas en el contexto de la compañía particular. Pero en cualquier caso, es crítica la existencia de la visión, las fases se definirán con sus requisitos y los resultados esperados, podrán ejecutarse y evaluarse de manera independiente, pero es clave la mirada punta a punta. La transformación es completa y debe contar con aprobación y alineamiento de antemano con visibilidad de la inversión requerida y su aprobación inicial, sino el riesgo de caer nuevamente en un modelo incremental es muy alto y pone en riesgo el proceso de transformación.



Universidad de
SanAndrés

7 Conclusiones

7.1 Resumen de la investigación

Nuestro punto de partida fue el potencial de desarrollo actual de la agricultura, el cual se apoya en la creciente demanda, originada en el crecimiento poblacional y en la mejora del perfil de consumo de la población en general.

Ese elemento sumado a la dificultad para incorporar tierras a la producción al ritmo de la demanda supone una presión al desarrollo de mayor eficiencia en toda la cadena de valor para habilitar su maximización.

Vimos, así mismo, que la tecnología ha sido relegada en los sectores agrícolas en términos relativos con otros sectores de la economía. Aún más, al interior del sector, la industria citrícola se encuentra mucho más relegada al compararla con otras ramas más avanzadas de la agricultura.

El contexto planteado presentaba una oportunidad única para el desarrollo de la tecnología aplicada a la producción citrícola. Esa oportunidad la identificamos en la aplicación de las principales tendencias tecnológicas de la actualidad. *“Mobile, Cloud Computing, Social, Big Data e Internet of Things”*.

Así arribamos a las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo puede Business Intelligence / Big Data contribuir a la mejora en la toma de decisiones sobre todas las etapas y procesos en la cadena de valor del limón en la Argentina?
- ¿Qué beneficios se obtienen de contar mayor nivel de exactitud y oportunidad en la disponibilidad de información en la cadena de producción del limón en la Argentina?

- ¿De qué manera puede, la tecnología operativa / *Internet of Things*, contribuir a mejoras de productividad a través de la automatización en la producción del limón?

En el curso del presente trabajo de investigación hemos podido dar respuesta a las preguntas planteadas tratando la incorporación de *Internet of Things* y *Big Data* en la citricultura como la adopción de un sistema complejo que mejora el nivel de captura de información y luego de su utilización.

Vimos cómo la inclusión de tecnología operativa a través de diferentes medios de captura, dispositivos de *Internet of Things* y de imágenes, permite la organización industrial de la producción agrícola y la consiguiente disponibilidad de información para ser explotada por mecanismos de *Business Intelligence*.

Presentamos la forma en que la capacidad descriptiva de *Business Intelligence* permitía procesar la gran cantidad de datos capturados por los diferentes elementos de captura presentados favoreciendo el proceso de toma de decisiones oportunas para el logro de los objetivos planteados.

De la capacidad descriptiva a la predictiva y prescriptiva, demostramos la potencialidad de este tipo de análisis para la automatización de la producción agrícola y las enormes oportunidades que el desarrollo de Machine Learning puede traer al sector.

De esa manera corroborábamos nuestras hipótesis de investigación, a la vez que planteábamos el desafío que cuenta la industria de cara al proceso de adopción de estas tecnologías.

En la actualidad, el productor citrícola medio no conoce en profundidad la mayoría de las nuevas tecnologías disponibles y de las que conoce, no considera que estén a su alcance o que sean suficientemente relevantes para el desarrollo de su actividad. Como presentamos, es un sector tradicional. Así, entendemos que para la apropiada difusión de las tecnologías es relevante la aparición de canales de comunicación efectivos para difundir las innovaciones. Los que aparecen llamados a ocupar ese lugar son el INTA como organismo público y “*All Lemon*” como el sector

privado organizado. Esto debería resolver el principal problema que vemos hoy para la adopción, que es la escasa difusión.

Más allá de eso, como planteamos en el capítulo cinco es crítico el rol del agente de cambio como llama para la innovación y la adopción tecnológica del sector. Este líder de opinión deberá ocupar el lugar de “*Early adopter*” y ser un referente para la industria toda.

7.2 Conclusión Final

En los últimos años hemos presenciado el decisivo rol de la disrupción digital en diversas industrias. Más allá de las particularidades todas las ramas están siendo transformadas. La agricultura, en general, se encuentra atravesando las primeras etapas de esa transformación. La citricultura, en particular, se encuentra en la puerta de entrada.

La oportunidad de acceder a información relevante para mejorar el modelo de negocio y explotarla de manera efectiva está sobre la mesa para ser aprovechada. En este lugar, vemos crítico el rol del “*Early adopter*” que mencionábamos. La oportunidad para quien tome este lugar es única, ya que liderará la transformación y, en consecuencia, seguramente la industria.

Dada la continua evolución de las tecnologías disponibles, es clave entender la adopción, no de una tecnología particular, sino de un sistema integral de recolección y explotación de la información. Así, independientemente del valor de la incorporación de las tecnologías estudiadas que corrobora nuestra hipótesis de investigación, podemos asegurar que el desarrollo de un sistema como el planteado implica una transformación más profunda que favorecerá las futuras adopciones tecnológicas con mayor fluidez.

Dicha transformación va a favorecer y requerir el desarrollo de diversos servicios tecnológicos que soporten un sistema como el planteado. Si bien serán las compañías productoras las que lideren la generación del sistema, no es realista pensar que van a desarrollar por si mismas todos los servicios requeridos. Así,

podemos ver que existen oportunidades de construcción de negocios en cada una de las capas de nuestra cadena de valor de la citricultura de precisión.

En la primera etapa, la captura, cada tipo de captura requiere de desarrollo específico de habilidades que permite el desarrollo de modelos de negocio propios a la vez de ecosistemas que los potencien. Podemos observar eso, por ejemplo, en el desarrollo del servicio de imágenes por drones. Es altamente probable que se desarrollen servicios de drones que sirven a la industria agropecuaria en general con aplicaciones específicas para la citricultura, pero también para la producción de cereales y de ganado. El desarrollo de estos servicios permitirá el mejor desarrollo de la tecnología y la reducción de costos para los productores, al no tener que adquirir el hardware, ni contratar personal especializado y poder extraer valor del servicio tecnológico a través de la contratación a un tercero.

Fácilmente podemos trasladar ese análisis a toda la capa de captura y procesamiento de datos, ya que lo que vimos válido para los drones, lo es para las imágenes satelitales, los dispositivos de captura IoT y el procesamiento de la información.

Un desafío particular es la conectividad. El segundo tramo de conexión, que se encuentra fuera de la unidad productiva, depende del desarrollo de servicios de mayor calidad de las que cuenta hoy el país. Más allá de la calidad actual, si el contexto de desarrollo de este tipo de sistemas es favorable, se puede suponer que existirán los estímulos suficientes para el desarrollo de infraestructura que lo pueda soportar. Hacia el interior de las unidades productivas, el desarrollo del primer tramo, dependerá de la decisión de inversión de los productores, pero también es una oportunidad de negocio para quien decida desarrollar estos servicios ya que, seguramente, muchos de los productores no tengan el *know how* necesario al interior para establecer este tipo de redes.

La capa de almacenamiento, como vimos, ya se encuentra extensamente desarrollada como servicio tecnológico del cual las empresas que desarrollen el sistema propuesto deberán valerse. Aquí ingresan los proveedores de

almacenamiento *cloud* como *Microsoft Azure* y *AWS*, pero también los proveedores de bases de datos para montar el *data warehouse*, como puede ser *SAP* u *Oracle*.

Las últimas capas de exposición y explotación de la información presentan oportunidades para los servicios que hoy existen y presentamos en el apartado correspondiente alrededor de las herramientas analíticas. Sin embargo, se abren nuevas oportunidades para servicios de construcción de modelos y análisis a partir de la información que hoy tienen escaso desarrollo. Así, científicos de datos, agrónomos, pueden insertarse en esta capa ofreciendo servicios de explotación de la información disponible.

Podemos concluir que el desarrollo de la citricultura de precisión no solo contribuye a partir de la organización industrial de los procesos productivos y del aumento de la productividad, sino que genera también el ecosistema para el desarrollo y crecimiento de servicios tecnológicos que sirvan a la citricultura y a otras industrias relacionadas.

Poder hacerlo efectivo supone el desafío de desarrollar las capacidades internas que permitan encarar el proceso de adopción de un sistema como el presentado, pero a la vez genera importantes beneficios. Por un lado, potenciando el modelo de negocios actual, apalancado en una mayor robustez de la propuesta de valor y un incremento de la eficiencia y efectividad de las actividades clave. Por el otro, generando nuevas oportunidades de negocio. Esas nuevas oportunidades se basan en la capacidad incrementada por la gestión del conocimiento que facilita la extensión a lo largo de la cadena de valor, pero también la ampliación de alcance hacia el costado, incorporando, otras especies de frutas a la cartera.

En ese sentido un elemento interesante que puede desprenderse del desarrollo del sistema presentado es que se rompa la dinámica de hemisferio presente en la citricultura hoy en día. Dada la característica estacional de la producción, se dio un proceso a través del cual, si bien algunas empresas atravesaron procesos de internacionalización, se mantienen operando desde el hemisferio que les corresponde, abasteciendo así en temporada o contra temporada. El diferencial que puede aportar un sistema como el presentado puede contribuir a una operación

completa en ambos hemisferios. Bien sea por el diferencial de valor que permite la adopción del modelo o bien sea por la incorporación de socios productores a través de una plataforma bilateral como la presentada en el capítulo seis.

7.3 Posibles escenarios en el futuro cercano

El campo conectado es cada vez más un tema del presente que un tema del futuro. Sin embargo, es difícil predecir el nivel de adopción que las diferentes tecnologías tendrán en el futuro inmediato.

Sostenemos de lo presentado que la incorporación de herramientas analíticas será el primer paso de construcción del sistema. La capacidad descriptiva sobre las variables que se cuenta medición está siendo desarrollada y se potenciará a medida que el sistema como un todo se desarrolle, incrementando la cantidad de variables con mediciones y la cercanía al tiempo real de los datos.

Como predicción podemos decir que en los próximos tres años es posible que se avance en la adopción de tecnologías similares a las presentadas en el capítulo seis de perspectivas del sector. Principalmente vemos que las siguientes pueden desarrollarse con mayor éxito:

- La adopción de pulverizadoras de fertilizante y pesticidas con mayor grado de “inteligencia”. Que puedan registrar su proceso de aplicación, pero a la vez responder a variables del entorno como presencia o ausencia de árboles o trabajar en función de un plan precargado.
- Sensores de imágenes para evaluación de enfermedades, ya sea a través del uso de *drones* o captura terrestre.
- La adopción de vehículos autónomos para la realización de tareas agrícolas (poda, pulverización.)
- Seguimiento de la fruta con mayor nivel de detalle en su trazabilidad completa.

Ya en un plazo más largo podemos contemplar la posibilidad de que el sistema extienda su alcance y permita el desarrollo de tecnologías que incrementen la autonomía de la producción citrícola. Para ello podemos imaginar escenarios de:

- Optimización autónoma y centralizada de los planes de riego y fertilización que maximicen el rendimiento y la calidad a la vez que protegen el impacto ambiental.
- Automatización de la cosecha autónoma en dos sentidos:
 - Desarrollo de tecnología de cosecha (sacudidores o robots que simulen la cosecha manual) que genere un impacto mínimo en la fruta cosechada respecto a la cosecha manual.
 - Asignación autónoma de tareas al frene de cosecha robotizado.
- Logística autónoma. El desarrollo de los camiones autónomos tendrá el impacto en la recolección y distribución de la fruta desde las fincas a las plantas procesadoras y desde estas plantas a los puertos.

Hacer predicciones de mayor plazo se vuelve difícil y no tiene demasiado sentido en un trabajo de las características de este.

Universidad de
SanAndrés

8 Anexos

8.1 Exportaciones de Limón

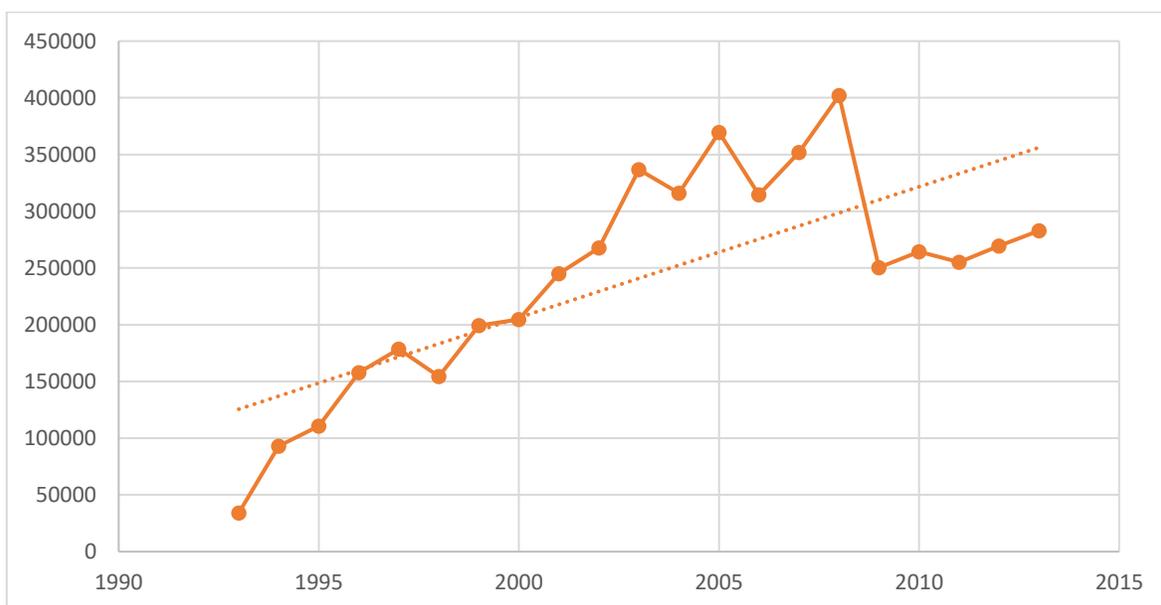


Gráfico 3 – Evolución de las exportaciones argentinas de limón en toneladas (1993-2013)³⁵

³⁵ Elaboración propia en base a datos de la FAO. www.fao.org

8.2 Participación de Argentina en las exportaciones de limón del hemisferio sur

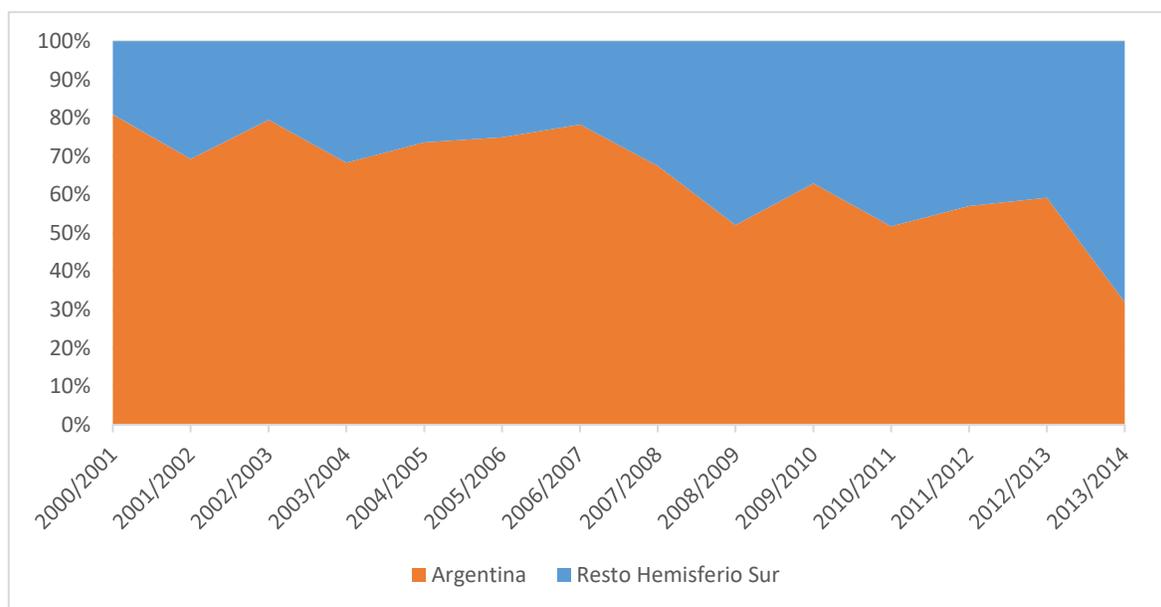


Gráfico 4 - Participación relativa de la Argentina en las exportaciones de limón (2000-2014)³⁶

Como se puede observar con claridad en el gráfico, la Argentina es líder en el mercado de limón de contra estación.

A pesar de este liderazgo, su participación relativa en el comercio internacional durante el período analizado sufre un declive persistente.

³⁶ Elaboración propia en base a datos de Federcitrus. www.federcitrus.org

8.3 Principales exportadores de limón

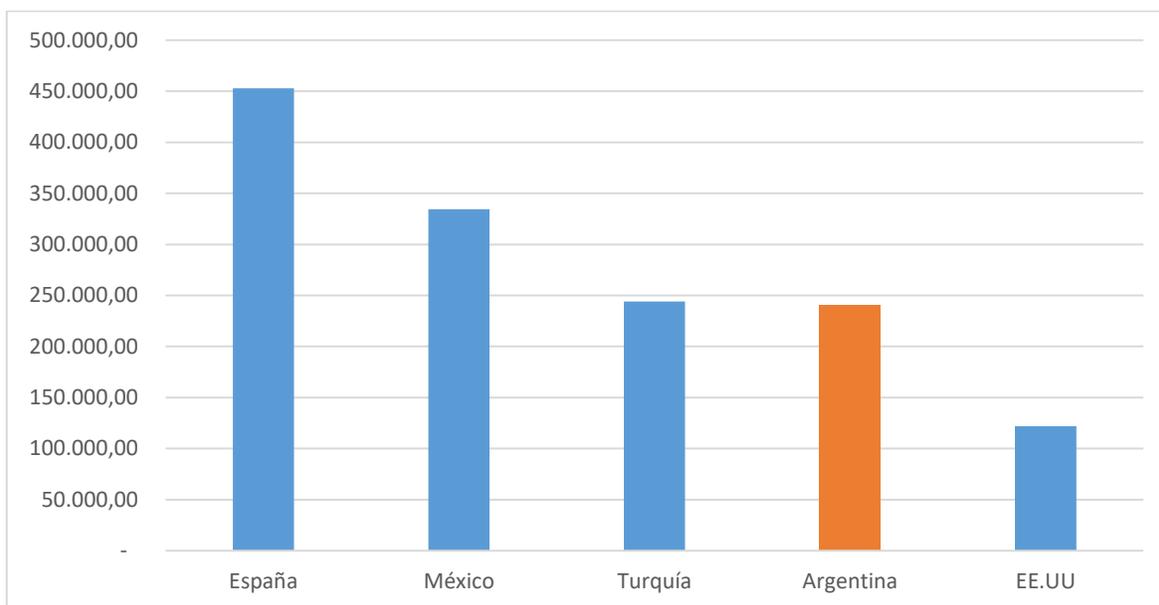


Gráfico 5 - Exportaciones anuales de limón de los primeros 5 exportadores mundiales (promedio anual 1993-2013)³⁷

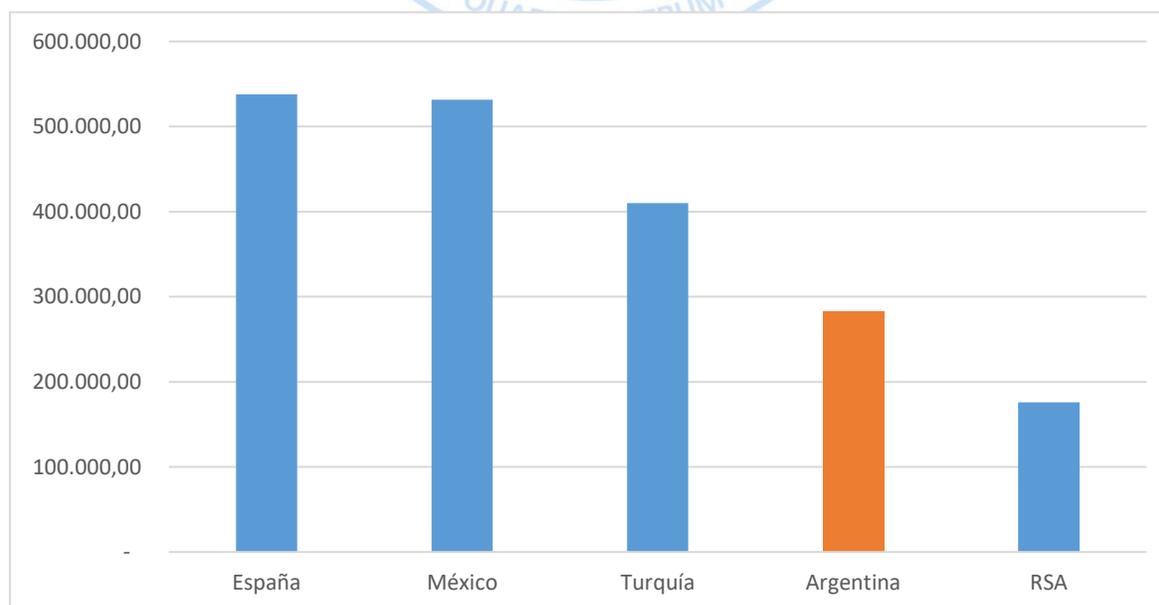


Gráfico 6 - Exportaciones anuales de limón de los primeros 5 exportadores mundiales (2013)³⁸

³⁷ Elaboración propia en base a datos de la FAO. www.fao.org

³⁸ Elaboración propia en base a datos de la FAO. www.fao.org

La marcada tendencia positiva de las exportaciones de limón argentinas ha acompañado la tendencia de crecimiento del comercio mundial de esta fruta.

El crecimiento le ha permitido mantener a través de los años un sólido cuarto puesto. A pesar de que en términos relativos, la distancia respecto a los países que lideran la lista ha aumentado.

Este cuarto puesto debe ser considerado de manera especial, dada la particularidad del limón de tratarse de una fruta de estación. Si consideramos los hemisferios a los que pertenecen los países que lideran la tabla todos corresponden al hemisferio norte, convirtiendo a la Argentina en el principal exportador de contra estación.

8.4 Principales exportadores de Argentina

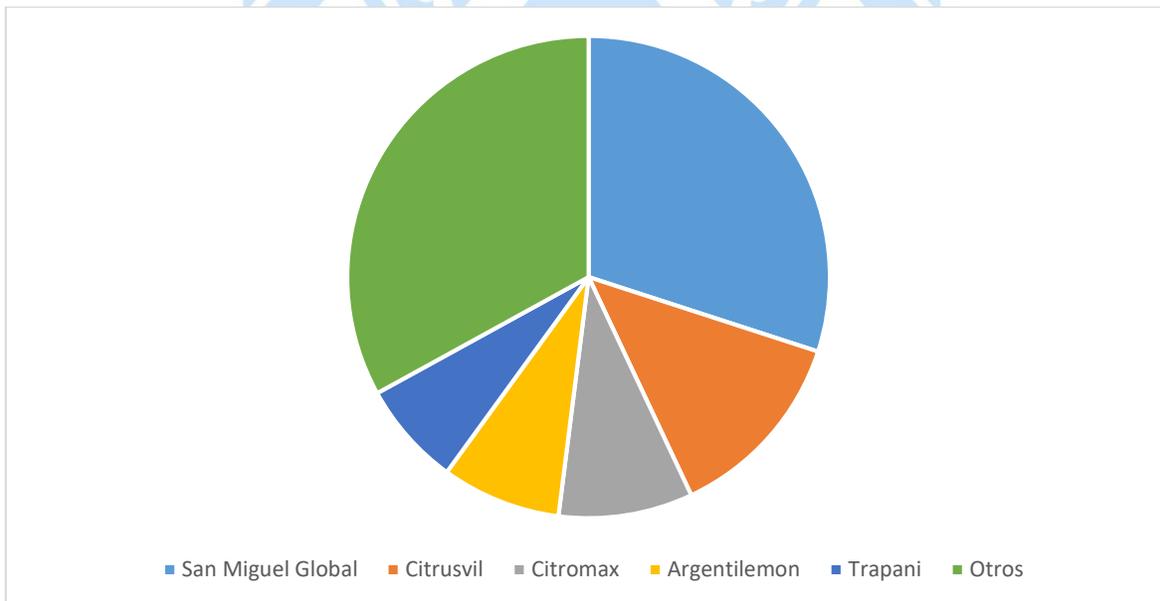


Gráfico 7 - Participación relativa en las exportaciones de los principales productores argentinos (2008)³⁹

³⁹ Elaboración propia en base a datos de "Dirección de Información y Análisis Regional – Dirección de Información y Análisis Sectorial" Ministerio de Economía y Finanzas. www.mecon.gob.ar

8.5 Producción de limón

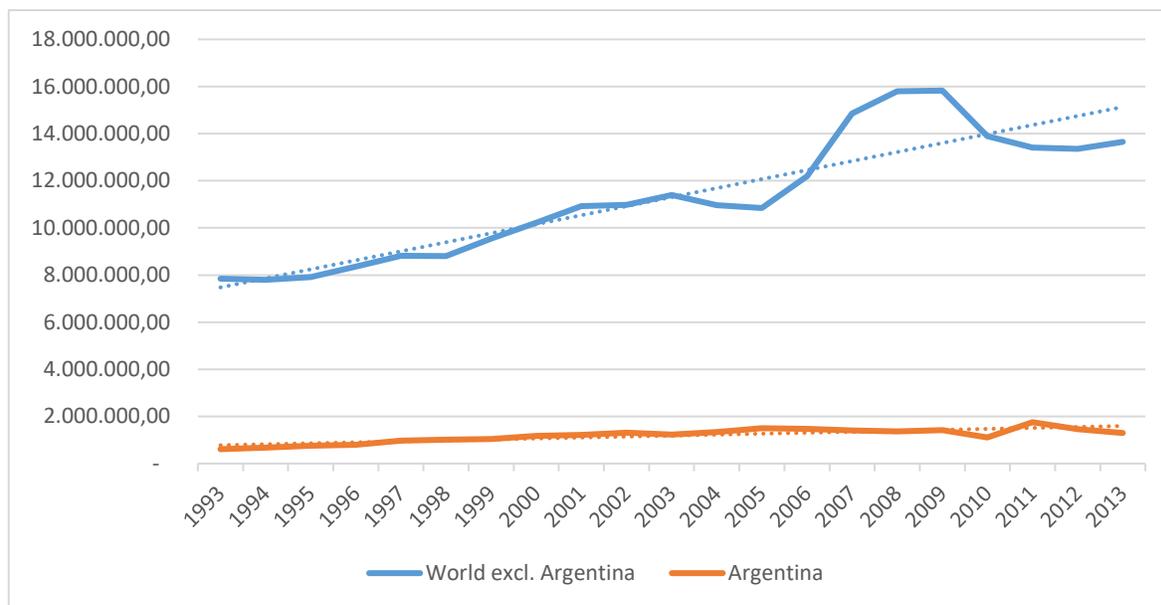


Gráfico 8 - Evolución comparado de la producción de limón en toneladas entre Argentina y el resto del mundo (1993-2013)⁴⁰

El total producido por la Argentina, si bien de tendencia positiva, ha sido considerablemente inferior al crecimiento de la producción general en el mundo.

Como veíamos anteriormente los saldos exportables de la Argentina mejoraron considerablemente para el período analizado. Sin embargo, como vemos aquí esto no se debió a un aumento de la producción de fruta.

Si bien, como vimos, la Argentina mantiene su posición en el mercado mundial gracias a su particular posición de principal exportador austral, la tendencia de la producción mundial, aquí presentada puede suponer una amenaza para la sustentabilidad del negocio para la Argentina

⁴⁰ Elaboración propia en base a datos de la FAO. www.fao.org

8.6 Procesamiento de limón

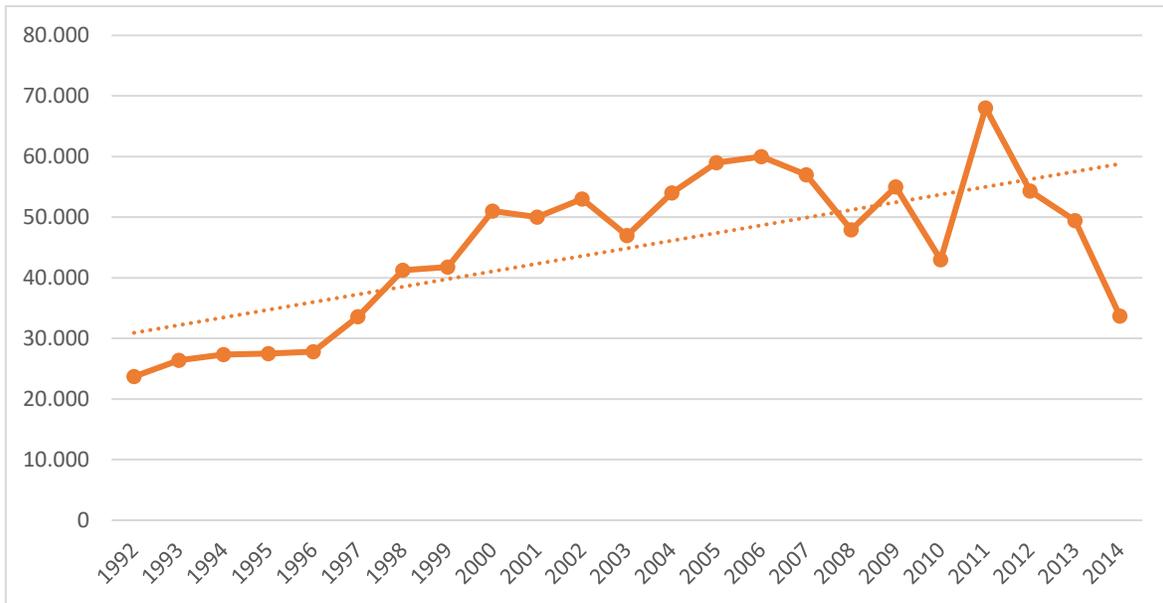


Gráfico 9 - Producción total de jugo concentrado de limón congelado en Argentina en toneladas (1992-2014)⁴¹

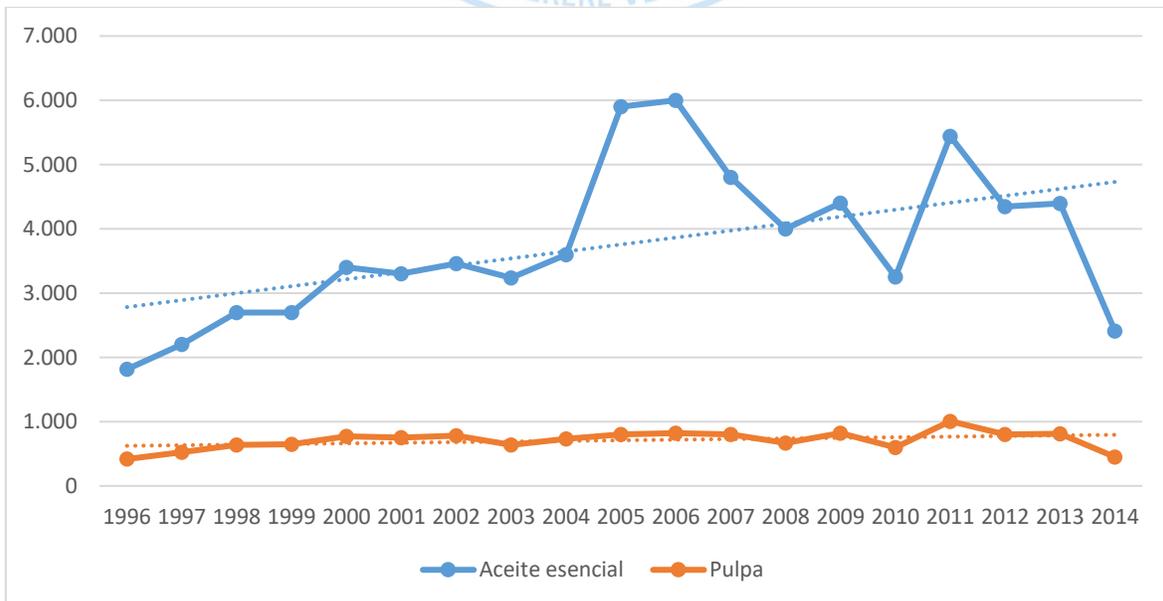


Gráfico 10 - Producción total de Aceite esencial y pulpa de limón congelada en Argentina en toneladas (1996 - 2014)⁴²

⁴¹ Elaboración propia en base a datos de Federcitrus. www.federcitrus.org

⁴² Elaboración propia en base a datos de Federcitrus. www.federcitrus.org

8.7 Producción relativa de limón procesado

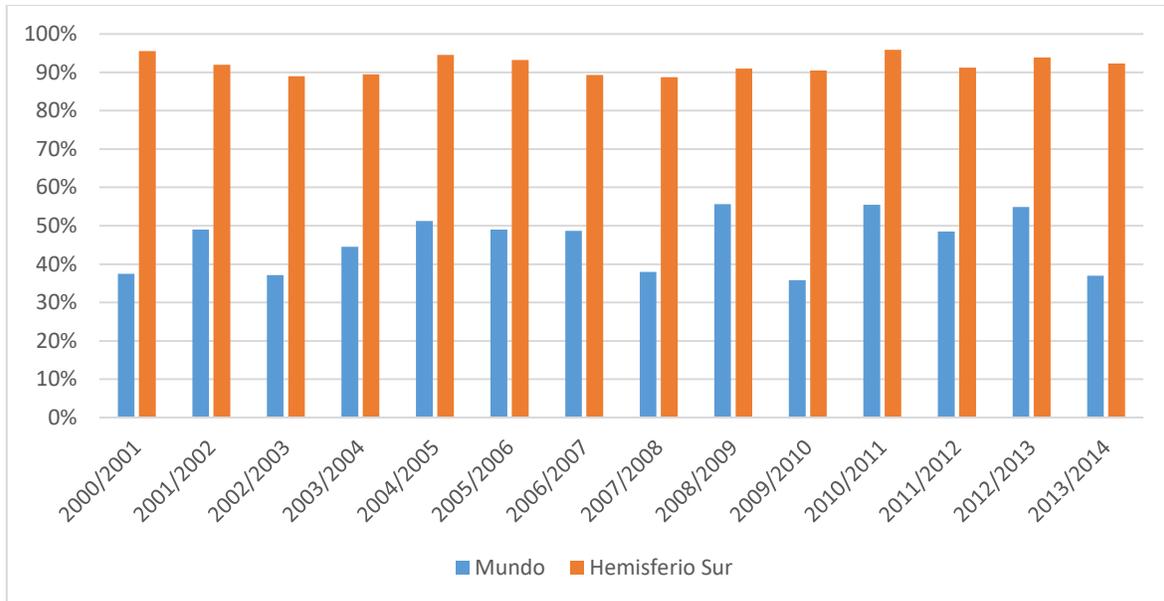


Gráfico 11 - Participación argentina en la producción de limón procesado respecto al mundo y al hemisferio sur en % (2000-2014)⁴³

Universidad de
San Andrés

⁴³ Elaboración propia en base a datos de Federcitrus. www.federcitrus.org

8.8 Relevancia en Argentina

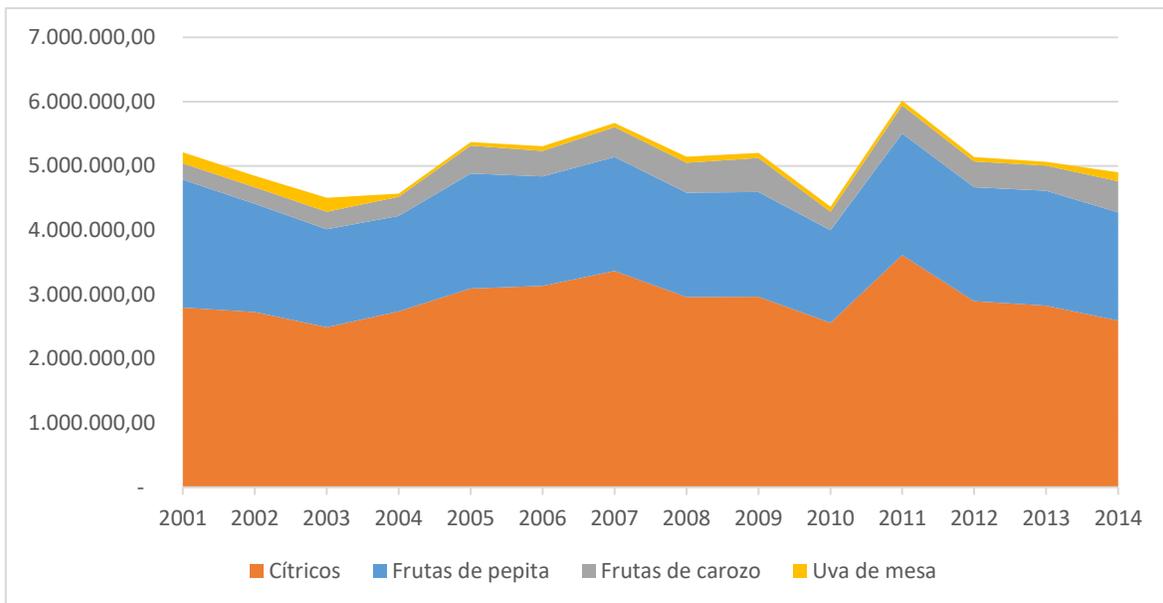


Gráfico 12 - Volúmenes de fruta producida comparada de las principales producciones del país en toneladas (2001-2014)⁴⁴

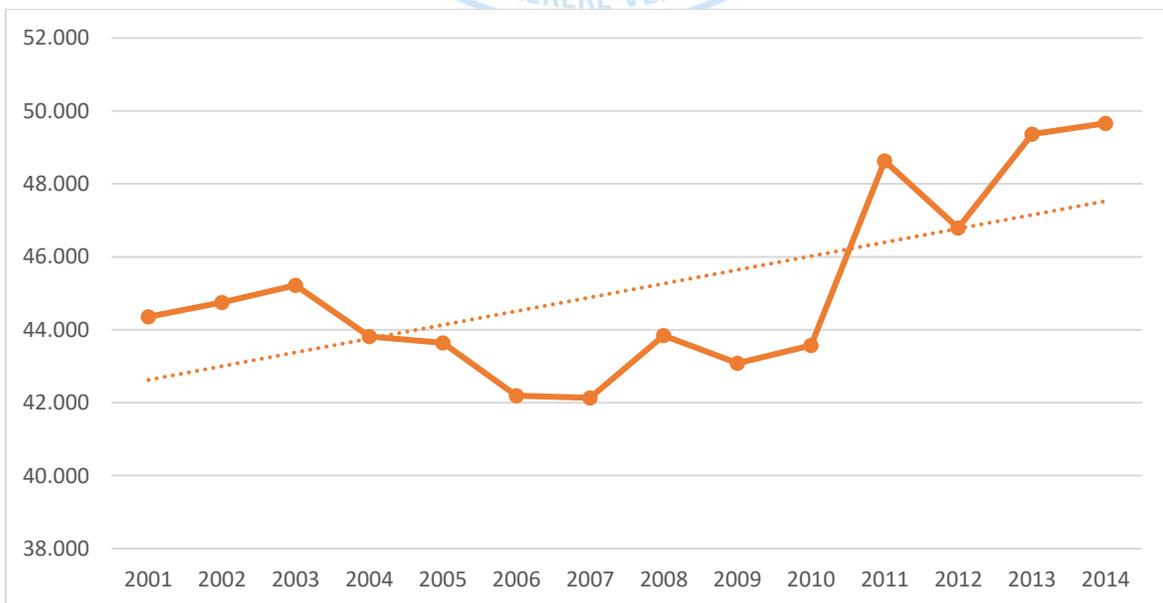


Gráfico 13 - Evolución de la superficie plantada de limón en la Argentina en hectáreas (2001-2014)⁴⁵

⁴⁴ Elaboración propia en base a datos de Federcitrus. www.federcitrus.org

⁴⁵ Elaboración propia en base a datos de Federcitrus. www.federcitrus.org

8.9 Destino de la producción argentina

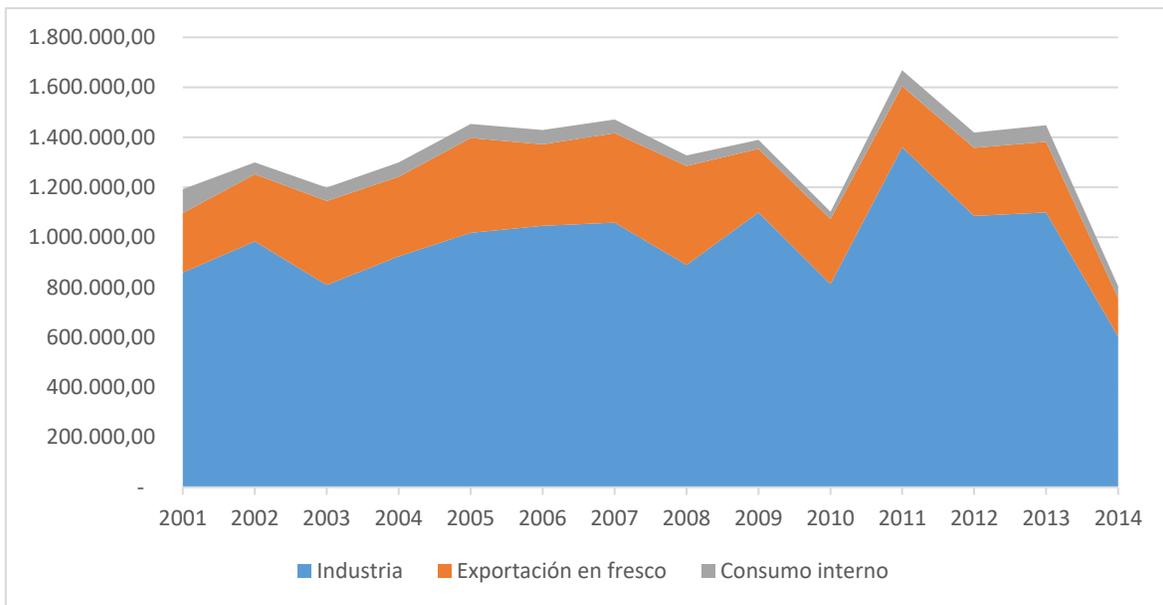


Gráfico 14 - Destino del limón producido en Argentina en toneladas (2001-2014)⁴⁶

8.10 Distribución de la producción mundial de limón

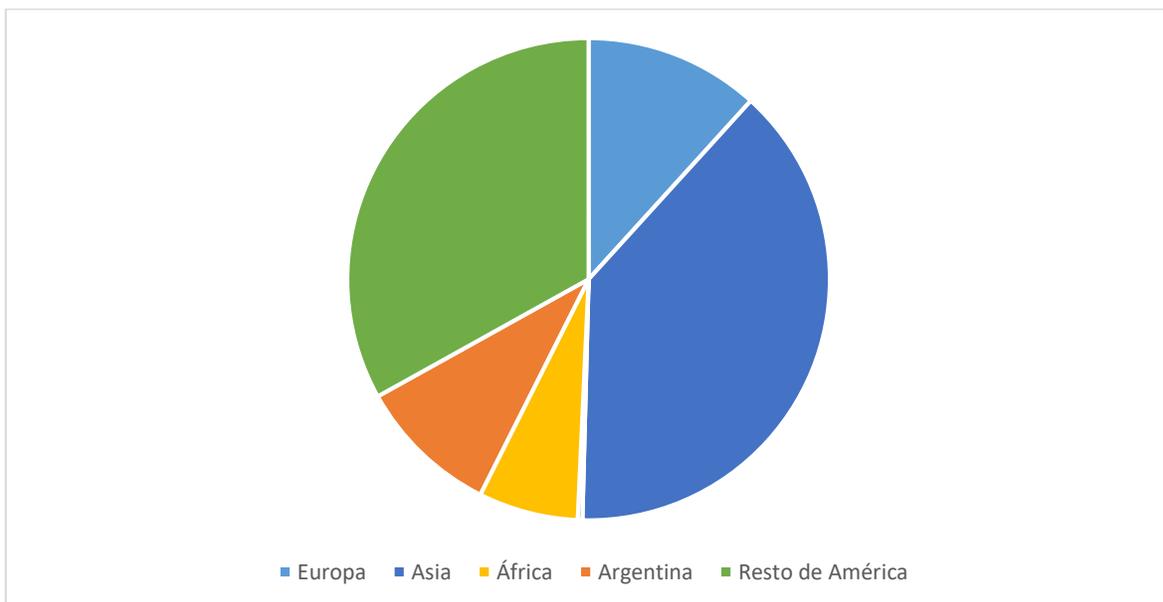


Gráfico 15 - Distribución de la producción mundial de limón (1993-2013)⁴⁷

⁴⁶ Elaboración propia en base a datos de Federcitrus. www.federcitrus.org

⁴⁷ Elaboración propia en base a datos de la FAO. www.fao.org

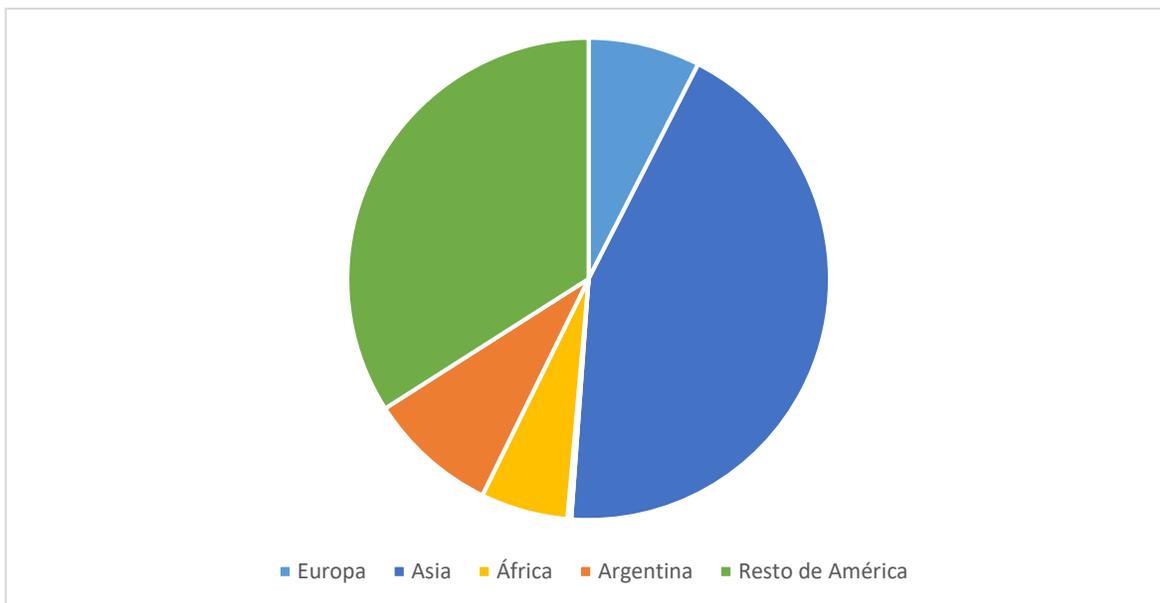


Gráfico 16 - Distribución de la producción mundial de limón (2013)⁴⁸

La participación argentina sobre la producción total mundial es muy significativa como se puede observar en los gráficos presentados.

A pesar de ello, su peso relativo ha disminuido, al igual que el de la mayoría, a costa del gran crecimiento de la producción en Asia, la cual se encuentra fuertemente impulsada por el crecimiento de China como productor en el período analizado.

⁴⁸ Elaboración propia en base a datos de la FAO. www.fao.org

8.11 Principales productores de limón

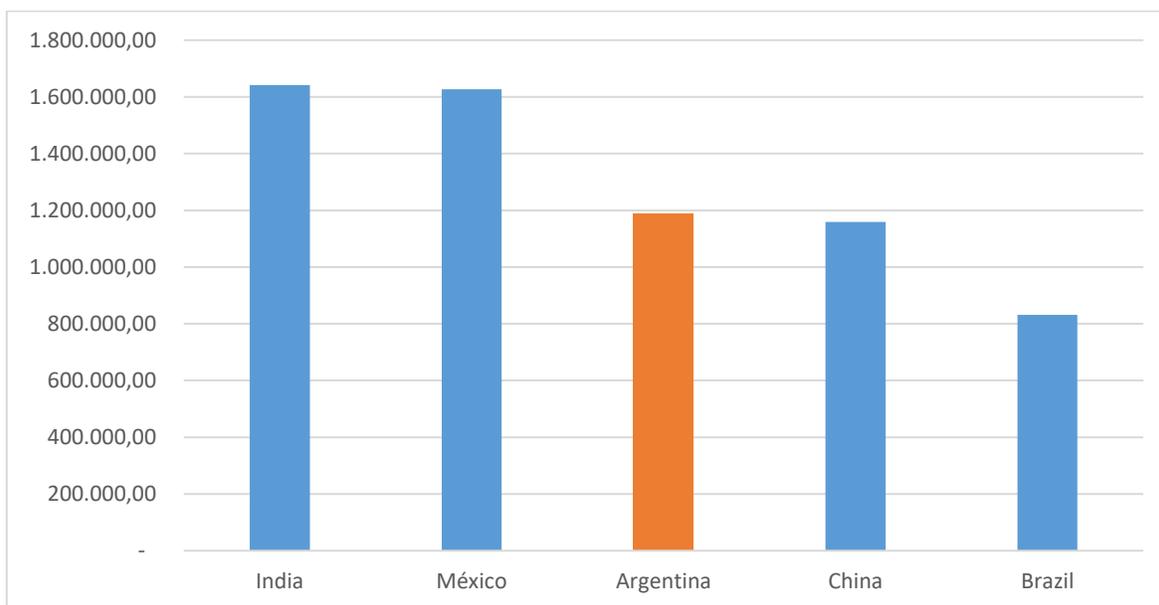


Gráfico 17 - Producción anual de limón de los primeros 5 productores mundiales (promedio anual 1993-2013)⁴⁹

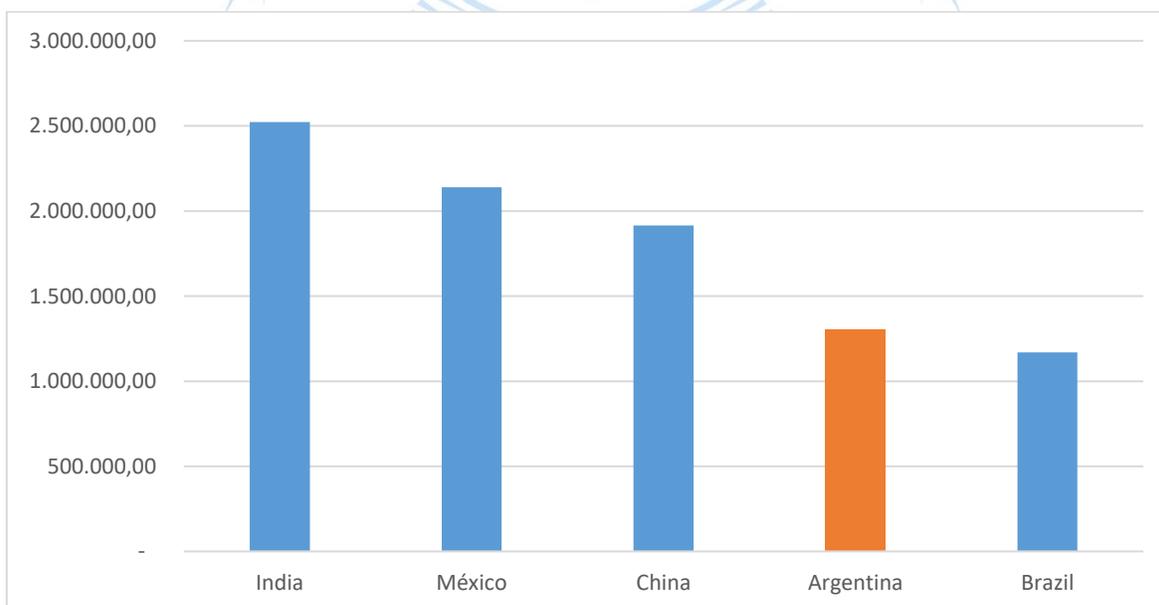


Gráfico 18 - Producción anual de limón de los primeros 5 productores mundiales (2013)⁵⁰

⁴⁹ Elaboración propia en base a datos de la FAO. www.fao.org

⁵⁰ Elaboración propia en base a datos de la FAO. www.fao.org

En estos gráficos se observa con mayor claridad la caída relativa de la Argentina como productor de limón respecto al resto de los principales productores, siendo desplazado por China como tercer productor.

Veamos a continuación la comparación de la evolución de la producción de Argentina y China, el país con mayor crecimiento del período analizado.

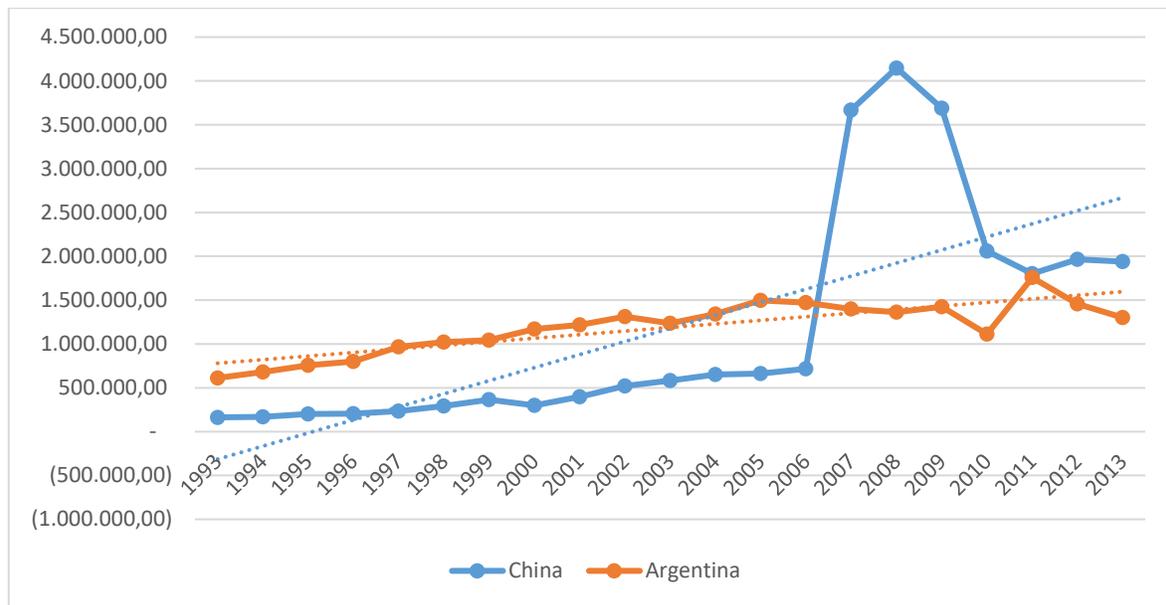


Gráfico 19 - Evolución comparada de la producción de limón en toneladas métricas entre Argentina y China (1993-2013)⁵¹

⁵¹ Elaboración propia en base a datos de la FAO. www.fao.org

8.12 Rendimiento de la producción de limón

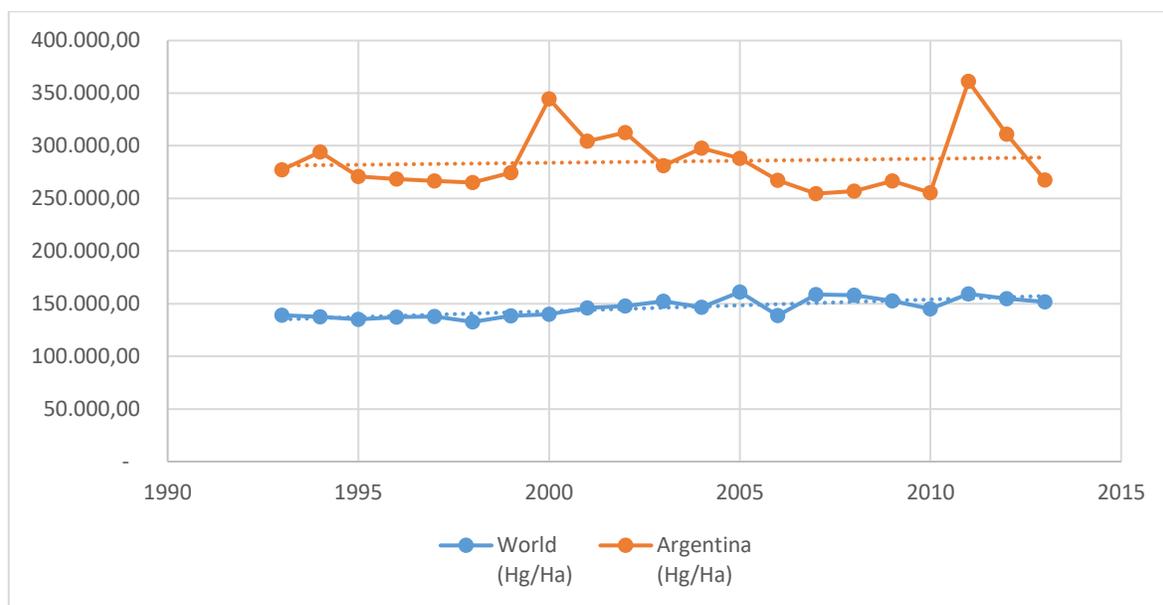


Gráfico 20 – Evolución comparado del rendimiento de la producción de limón en Kg por Ha entre Argentina y el promedio Mundial (1993-2013)⁵²

Se puede observar claramente la ventaja competitiva con la que cuenta la Argentina respecto al promedio mundial en el rendimiento por hectárea de la producción de limón.

A pesar de esta ventaja, si nos centramos en la tendencia vemos que es de un crecimiento de moderado e incluso menor al crecimiento promedio mundial.

Esto nos muestra que en los últimos veinte años no ha habido cambios significativos en la productividad del limón. Vemos aquí una evidencia fuerte de que la revolución digital que ocurrió durante las dos décadas presentadas no fue incorporada a la producción del limón manteniendo la productividad de la era analógica.

⁵² Elaboración propia en base a datos de la FAO. www.fao.org

8.13 Países con mayor rendimiento en la producción de limón

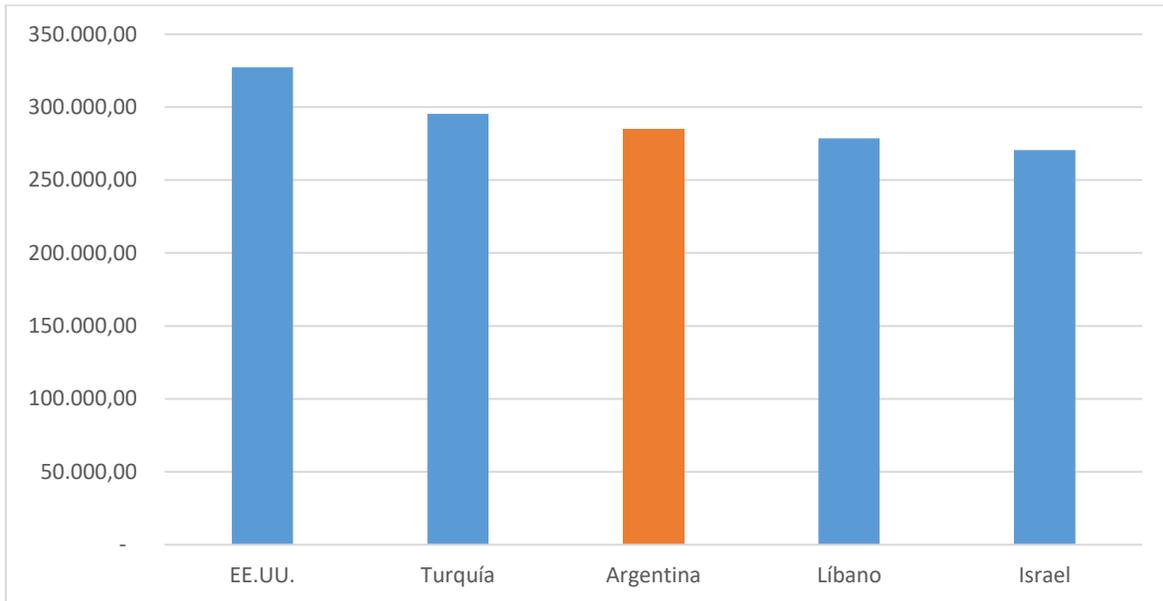


Gráfico 21 - Rendimiento de la producción de limón en Hg por Ha de los cinco países con mayor rendimiento (Promedio 1993-2013)⁵³

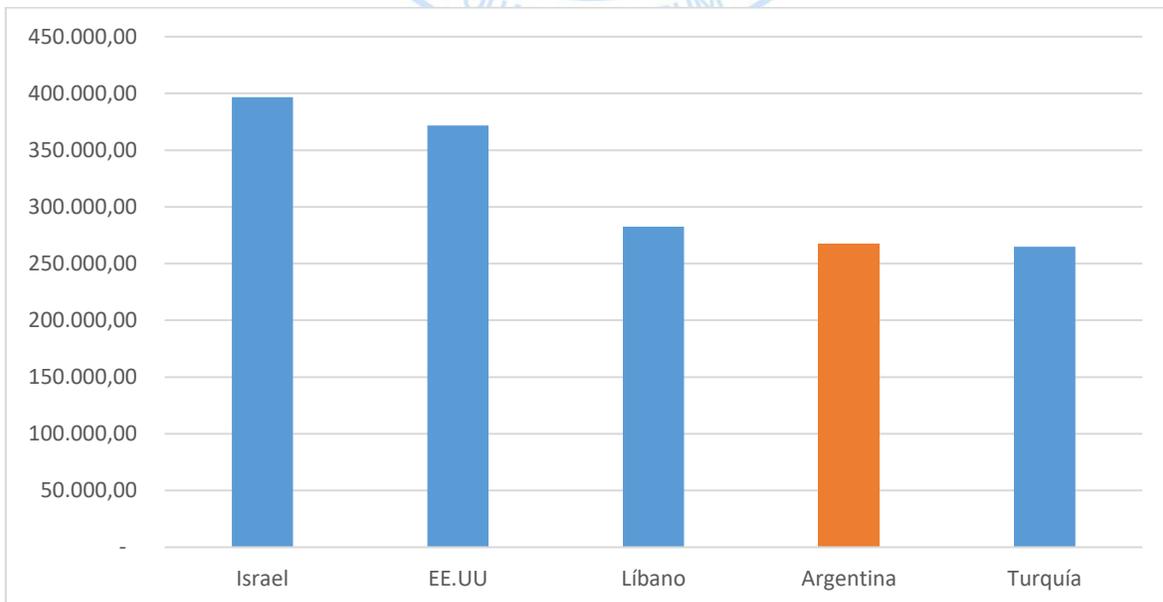


Gráfico 22 - Rendimiento de la producción de limón en Hg por Ha de los cinco países con mayor rendimiento (2013)⁵⁴

⁵³ Elaboración propia en base a datos de la FAO. www.fao.org

⁵⁴ Elaboración propia en base a datos de la FAO. www.fao.org

Si en lugar de comparar la Argentina con el promedio mundial, lo hacemos con el grupo que mejor performance tiene en esta dimensión, observaremos que también aquí la Argentina enfrentó una caída relativa.

Veamos a continuación una comparación de la evolución de la productividad argentina comparada con la de Israel, el país que más aumentó su productividad en el período seleccionado.

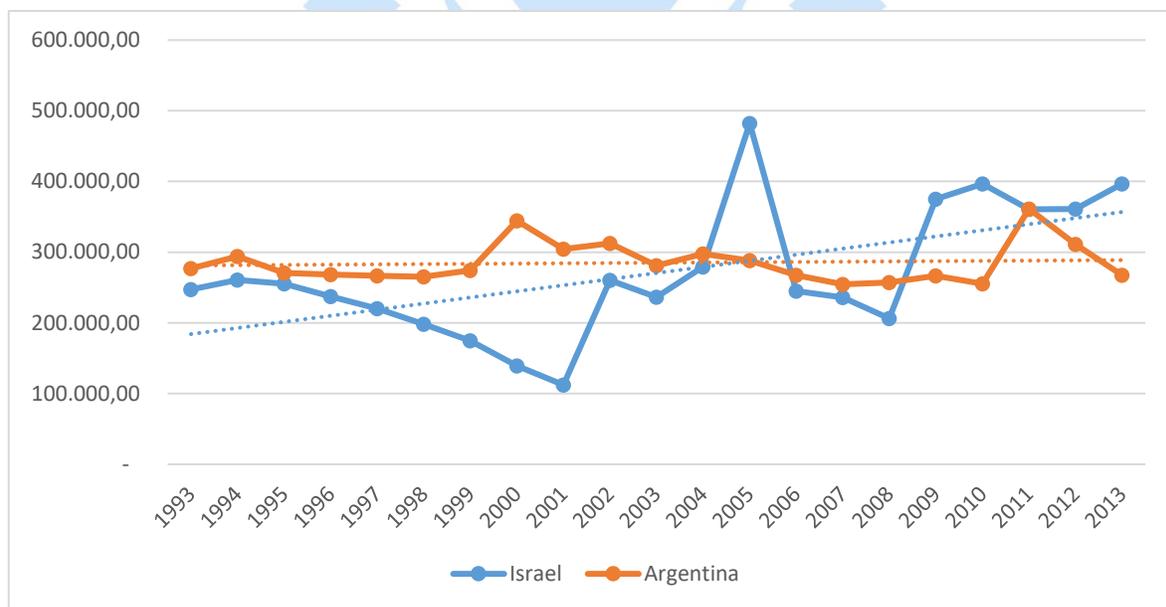


Gráfico 23 - Evolución comparado del rendimiento de la producción de limón en Hg por Ha entre Argentina e Israel (1993-2013)⁵⁵

⁵⁵ Elaboración propia en base a datos de la FAO. www.fao.org

Bibliografía

Agustí, M. (2004). *Fruticultura*. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa. Pág. 318.

Bertagnini, A.E. (2009) *Management: como entenderlo, aplicarlo y aprenderlo*, Pearson.

Brown J. (2013) *From precision farming to autonomous farming: How commodities technology enable revolutionary impact*. Recuperado el 17/04/2017 de <http://robohub.org/from-precision-farming-to-autonomous-farming-how-commodity-technologies-enable-revolutionary-impact/>

Burrus D. (2014) *The internet of things is far bigger than anyone realizes*. Recuperado el 17/04/2017 de <https://www.wired.com/insights/2014/11/iot-bigger-than-anyone-realizes-part-2/>

Cassidy W. (2017) *Autonomous truck technology seen evolving rapidly*. Recuperado el 17/04/2017 de http://www.joc.com/trucking-logistics/autonomous-truck-technology-seen-evolving-rapidly_20170210.html

Cerón Salazar I., Cardona-Alzate C.. (2011) Evaluación del proceso integral para la obtención de pectin y aceite esencial a partir de la cáscara de naranja. *Ingeniería y ciencia*, Volumen 7, N° 13, Pg: 65-86

Chandrana H. (2013). Farm to fork: 'Big Data' & the agriculture value chain. Digital Supply Chain. Recuperado el 17/04/2017 <http://www.supplychaindigital.com/procurement/2191/Farm-to-fork:-Big-Data-the-agriculture-value-chain>

Dansa A. (2005). *Perfil descriptivo de la cadena ctirícola*. Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentos, Ministerio de Economía, República Argentina.

Desmet D., Löffler M., Weinberg A. (2016) *Modernizing IT for the digital Era*
Recuperado el 17/04/2017 de <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/modernizing-it-for-a-digital-era>

Dobbs R., Oppenheim J., Thomson F., Mareels S., Nyquist S., Sanghvi S.. (2013). *Resource Revolution: Tracking global commodity markets*. McKinsey&Company.

Dörner K., Edelman, D. (2015) *What "Digital" Really means*. Recuperado el 17/04/2017 de <http://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/what-digital-really-means>

Enciso J., Porter D., Périès X. (2007) *Uso de sensores de humedad para efficientizar el riego*. Recuperado el 17/04/2017 de <http://www.euskobaratza.com/wp-content/uploads/2016/02/Enciso-et-al-2008.-Uso-de-sensores-de-humedad-para-optimizar-el-riego.pdf>

Economist. (2016) *The future of agriculture Technology quarterly* Recuperado el 17/04/2017 de <http://www.economist.com/technology-quarterly/2016-06-09/factory-fresh>

Ericsson. (2015) *Connected Vineyards* Recuperado el 17/04/2017 de <https://www.ericsson.com/res/docs/2015/iot-connected-vineyards.pdf>

FAOSTAT United Nations Food and Agriculture Organization. <http://faostat.fao.com>

FEDERCITRUS (2002-2016) *La actividad Citrícola Argentina. Federación argentina del citrus*, Volúmenes 2002-2016,

Gambetta G., Mesejo C., Gravina A., Agustí M., Fasiolo C., Rey F., Reig C., Martínez-Fuentes A., Betancur O. (2015) *Cobertura del suelo con cal: efecto en la reducción de temperatura y cambio de color en las mandarinas precoces. Agrociencia Uruguay*. Vol 19, N°1, 31-40

Ganesan V., Ji Y., Patel M. (2016) *Video meets the internet of things*. Recuperado el 17/04/2017 de <http://www.mckinsey.com/industries/high-tech/our-insights/video-meets-the-internet-of-things>

Gmitter J. (2015) *@gritech: Drone Applications for Agriculture*. Recuperado el 17/04/2017 de <http://centralfloridaagnews.com/drone-applications-agriculture/>

Goedde L., Horii M, Sanghvi S. (2015). *Global agriculture's many opportunities*. McKinsey on investing, N°2 Summer 2015. McKinsey&Company.

Gobierno de Tucumán. (2006). *Censo citrícola provincial 2006* Dirección Estadística, Secretaría de Planeamiento, Superior gobierno de la provincia de Tucumán.

Gredig P. (2016) *@The Internet of Things implications for agriculture*. Recuperado el 17/04/2017 de <https://www.fcc-fac.ca/en/ag-knowledge/technology-and-innovation/the-internet-of-things-implications-for-agriculture.html>

IDEP (2012). *El limón en Tucumán, Argentina y el mundo*. Informe especial. Instituto de desarrollo productivo de Tucumán.

Inmon W.H., Strauss D., Neuschloss G. (2010). *DW2.0: The architecture for the new generation data Warehousing* Morgan Kaufmann.

Jaganathan P., Vinotini S., Bakialakshmi P (2014) A study of data mining technichs to agriculture. *IJRIT International Journal of Research in Information Technology*, Volume 2, Issue 4, April 2014, Pg: 306- 313

Katrina C. (2015) *Citrus Color Measurement: Accurate and portable Analysis made easy with spectrophotometers*. Recuperado el 17/04/2017 de <https://www.hunterlab.com/blog/color-food-industry/citrus-color-measurement-accurate-and-portable-analysis-made-easy-with-spectrophotometers/>

Kohno Y, Nishi, T., Kondo N., Taniwaki S. (2009) *Precision citrus production concept based on information from mobile citrus fruit grading robot, field-server, and satellite* Acta Horticulturae 824

Landa R. (2014). *Análisis de la producción y comercialización del limón en Argentina*. Trabajo final de Ingeniería en producción agropecuaria. Facultad de ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina.

Magnin C. (2016). *How Big Data will revolutionize the global food chain*. McKinsey&Company.

MECON. (2011). *Complejo citrícola: limón*. Serie "Producción regional por complejos productivos".

Miller J. (2016) *Think twice before picking Uber as a business model*. Recuperado el 17/04/2017 de <https://www.ft.com/content/d9577a5e-b71a-11e6-961e-a1acd97f622d>

NASA. (2010) *Toolkits control motion of complex robotics* Recuperado el 17/04/2017 de https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2010/ip_9.html

NOVASOURCE (2010) *Cómo reducir el stress solar en cítricos* Recuperado el 17/04/2017 de http://novasource.com/downloads/Purshade/Spanish/NS_CITRUS_web_Purshade_span.pdf

Pelloquin C., Moreno L. (2016) *iArbol: Gestión de árboles y espacios verdes en la ciudad*. Recuperado el 17/04/2017 de <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/iarbol-gestion-arboles-espacios-verdes-ciudad>

Porter M. (2008) "The Five Competitive Forces that Shape Strategy", *Harvard Business Review*, January 2008, p.86-104.

Pourreza A., Won Suk L., Ehsani R., Schueller J., Raveh E. (2015) An optimum method for real time in field detection of Huanglongbing disease using a vision sensor. *Computers and electronics in agriculture*, Volume 2015, Issue 110, , Pg: 221-232

Rich S. (2012) *Drones: The Citrus Industry's new beauty secret*. Recuperado el 17/04/2017 de <http://www.smithsonianmag.com/arts-culture/drones-the-citrus-industrys-new-beauty-secret-119968693/?no-ist>

Rogers, E. M. (1995). *Diffusion of innovations*. New York: Free Press.

Sankaran S., Maja J., Buchanon S., Ehsani R. (2013) Huanglongbing (Citrus Greening) Detection Using Visible, Near Infrared and Thermal Imaging Techniques. *Sensors*. Vol 13, N°2, 2117-2130

Schueller J. (2016) *Predicting technological trend in citrus field equipment*. Recuperado el 17/04/2017 de http://www.crec.ifas.ufl.edu/extension/trade_journals/2016/2016_April_predicting.pdf

Shamshiri R. (2008). *Citrus mechanical Harvesting*, Literature review as PhD candidate, University of Florida.

Silver W. (2009) *Image processing: Turning Digital Data into useful information* Recuperado el 17/04/2017 de <https://www.photonics.com/EDU/Handbook.aspx?AID=25135>

Simon M. (2016) *The future of humanity's food supply is in the hands of AI*. Recuperado el 17/04/2017 de <https://www.wired.com/2016/05/future-humanitys-food-supply-hands-ai/#slide-1>

Smith D. & Dhavala S. (2013). *Using big data for decisions in agricultural supply chain*. Massachusetts Institute of Technology. Recuperado el 17/04/2017 <http://hdl.handle.net/1721.1/81106>

Sree H. (2014) *IT vs. OT in Manufacturing: How will convergence play out*. Recuperado el 17/04/2017 de <http://www.clresearch.com/research/detail.cfm?guid=8D3AB104-3048-79ED-99C3-8106D7556B6D>

TECNIAGRÍCOLA (2011) *Daño por viento en cítricos*. Recuperado el 17/04/2017 de <http://www.tecnicoagricola.es/danos-por-viento-en-citricos/>

USDA. *Lemon grades and standards*. Recuperado el 17/04/2017 de <https://www.ams.usda.gov/grades-standards/lemon-grades-and-standards>

USDA. (1999) *United States Standards for grades of lemons*. Recuperado el 17/04/2017 de https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Lemon_Standard%5B1%5D.pdf

USDA. (2005) *Shipping point and market inspection instructions*. Recuperado el 17/04/2017 de https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Lemons_Inspection_Instruction_s%5B1%5D.pdf

WASPMOTE. (2016) *Sensor Guide*.

Weiss S. & Indurkha N. (1997). *Predictive data mining: a practical guide*. Morgan Kaufmann Publishers.

YARA (2016) *Principios agronómicos*. Recuperado el 17/04/2017 de <http://www.yara.com.ar/crop-nutrition/crops/citricos/key-facts/agronomic-principles/>

Zimmerman C. (2011) *Drones tested for agriculture use*. Recuperado el 17/04/2017 de <http://precision.agwired.com/2011/05/24/drones-tested-for-agriculture-use/>

Zlotnik H. (2009) *Revise UN estimates put world population at over 9 billion by 2050*. Recuperado el 17/04/2017 de http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=30159#.WQefGfk1_IV