

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

*NEKAZARITZAKO INGENIERIAREN GOI
MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA*

TIPOLOGIA DE COOPERATIVA “*DEL CABO*”, Y EVALUACIÓN DE MODELOS DE FACTORES
LIMITANTES EN LA PRODUCCION DE TOMATE CHERRY

presentado por

Adrián Areta Martínez

INGENIERO AGRÓNOMO

NEKAZARITZA INGENIARITZA

Febrero 2015

RESUMEN

Del Cabo es una cooperativa que colabora con más de 400 productores, operando en el estado de Baja California, Méjico. Principalmente producen tomate tipo cherry, incluyendo varias variedades del mismo. Debido a la necesidad de incluir rotaciones, también se cultivan otras hortalizas tales como calabacines, habas, pepino, además de cultivos dedicados a la mejora y mantenimiento de la fertilidad del suelo, como cebada y leguminosas. El modelo de predicción usado para las cosechas de tomate cherry (se hacen semanalmente, durante un periodo de 10 semanas), no refleja con suficiente precisión la producción real. Debido a este desfase, se desecha alrededor de un 15% de la producción total. Por lo tanto, es necesario el reajuste de dicho modelo. Éste, se basa en una curva de producción que divide la producción total en las 10 semanas de recolección.

En este estudio el enfoque es diferente. Éste se compone de tres partes diferenciadas, la primera se trata de una tipología, mediante algoritmo de agrupamiento, de las 16 explotaciones que proveen a la empacadora de la cooperativa. Este análisis usa como parámetros diferentes factores determinantes para la producción. Estos factores se dividen en tres categorías generales: abióticos (Radiación, temperatura, agua...), bióticos (malas hierbas, plagas, enfermedades...), y manejo del agricultor (riego, labores, fertilización...). En segundo lugar, se realiza una correlación entre valores de nitratos (ppm NO_3) en la savia de plantas de tomate cherry y las recolecciones semanales en Kg/ha. La correlación se realizará a través modelos de regresión lineal. Por último, se tratará de probar la validez del modelo Aquacrop desarrollado por FAO para la predicción de cosechas totales a partir de la gestión de riego. Este modelo usa la ecuación de Penman-Monteith como base para el cálculo de las necesidades de agua del cultivo. Además se introducen parámetros del cultivo en cuestión y los riegos efectuados para finalmente generar una predicción de la cosecha potencial.

El conjunto de estas tres partes del estudio pretende incrementar el conocimiento sobre la producción de tomate cherry bajo las condiciones en las que se producen en la cooperativa "Del Cabo". A su vez, se intenta mejorar la capacidad de predicción del modelo usado por el departamento de producción de la cooperativa.

ÍNDICE

1. Introducción

- 1.1. Descripción de la cooperativa Del Cabo
- 1.2. Producción de tomate ecológico en México
- 1.3. Estructura del proyecto
- 1.4. Objetivos
- 1.5. Hipótesis

2. Materiales y Métodos

- 2.1. Descripción de la zona
 - 2.1.1. Laboreo
 - 2.1.2. Fertilización
- 2.2. Los tres componentes de estudio
 - 2.2.1. Componente 1: Caracterización y tipología de productores de Del Cabo en BCN
 - 2.2.1.1. Selección de individuos y recolección de datos
 - 2.2.1.2. Selección de variables
 - 2.2.1.3. Análisis estadístico y agrupación jerárquica de productores
 - 2.2.2. Componente 2: Correlación entre nutrientes y rendimientos
 - 2.2.2.1. Características de las parcelas seleccionadas
 - 2.2.2.2. Indicadores de crecimiento
 - 2.2.3. Componente 3: Evaluación de balance hídrico con el modelo de simulación Aquacrop.

3. Resultados y discusión

3.1. Caracterización y tipología de productores de Del Cabo en BCN

3.1.1. Selección de variables clave y desarrollo de índices

3.1.2. Resultados y discusión del ACP

3.1.3. Resultados y discusión de la agrupación jerárquica

3.1.4. Conclusiones de la tipología y agrupación jerárquica

3.2. Correlación entre nutrientes y rendimientos

3.2.1. Contenido de NO_3^- y K^+ en plantas de tomate cherry

3.2.2. Rendimientos semanales y finales de tomate cherry

3.2.3. Correlación entre mediciones de NO_3^- en savia peciolar y rendimientos semanales

3.2.4. Conclusiones de la correlación entre nutrientes y rendimientos

3.3. Resultados y discusión de la evaluación de balance hídrico con el modelo de simulación Aquacrop.

4. Recomendaciones

5. Bibliografía

Anejo A: Encuesta realizada a los 16 productores/agricultores seleccionados de la cooperativa Del Cabo

Anejo B: Análisis del suelo realizado el 15 de octubre de 2011 en las cuatro parcelas estudiadas

Anejo C: Resultados de las encuestas

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Aplicación de fertilizantes pre-plantación y composición NPK correspondiente

Tabla 2. Resumen de N, P y K aplicado (en Kg N, P₂O₅ y K₂O.ha⁻¹) en pre-plantación, por fertirrigación y total en las cuatro zonas monitoreadas

Tabla 3. Clasificación clase textural y contenidos en arcilla, limo, arena y MO en las cuatro parcelas seleccionadas

Tabla 4. N,P y K en suelo y pH en las cuatro parcelas muestreadas (15 de octubre de 2011)

Tabla 5. Clasificación de variables incluidas en el análisis de componentes principales (ACP) y creación de índices

Tabla 6. Valores propios, varianzas y varianzas acumuladas de los primeros 5 factores del ACP

Tabla 7. Rendimientos medios, máximos y mínimos (T/ha) de las cuatro parcelas estudiadas

Tabla 8. Respuesta de los rendimientos de tomate cherry basada en las mediciones de NO₃⁻ en savia peciolar en SAB, SAC y VMA. Coeficientes de determinación de los modelos de regresión cuadrática y sus respectivas ecuaciones para las nueve combinaciones propuestas

Tabla 9. Usos alternativos del software de modelización Aquacrop

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Áreas de producción en BCN

Figura 2. Localización de los productores operando en los alrededores de Ensenada

Figura 3. Localización de los tres productores que operan en el desierto de Vizcaíno

Figura 4. Localización de las parcelas estudiadas con código de identificación (Productor-campo-parcela)

Figura 5. Ventana del menú principal del modelo de simulación Aqua Crop

Figura 6. Biplot del ACP muestra la distribución de las variables e índices

Figura 7. Biplot de las observaciones (agricultores)

Figura 8. Biplot del ACP que muestra los puntos centrales de cada una de las cuatro clases resultantes de la agrupación jerárquica (Hierarchical clustering)

Figura 9. Valores medios de superficie en propiedad (ha) total y por grupos

Figura 10. Valores medios de rendimientos (T/ha) total y por grupos

Figura 11. Medias NO₃⁻ (ppm) en savia peciolar para las cuatro medidas tomadas semanalmente

Figura 12. Modelos de regresión muestran los rendimientos semanales como funciones cuadráticas del NO₃⁻ en savia peciolar medido durante las primeras tres semanas de cosecha

Figura 13. Estimaciones del modelo de simulación Aquacrop de ET, precipitación, riego y lixiviación para las cuatro fincas estudiadas durante los meses en los que se da el cultivo

Figura 14. Modelo de regresión lineal para los rendimientos simulados por Aquacrop y los rendimientos finales estimados en las cuatro parcelas estudiadas

Figura 15. Regresión lineal entre WDSI y rendimientos estimados para las cuatro parcelas estudiadas

1. Introducción

1.1. Descripción de la cooperativa Del Cabo

La cooperativa “Del Cabo” comercializa alimentos ecológicos a lo largo y ancho de Estados Unidos. Estos alimentos provienen en su mayoría de México, del estado de Baja California concretamente. Estos son cultivados tanto por pequeños productores (<1 Ha) como por grandes (>25 Ha). Por su parte la cooperativa provee a estos agricultores de recursos tecnológicos necesarios, micro-financiación y asesoría a la planificación y la producción. Además la cooperativa también posee fincas propias en las que aparte de producir, también se llevan a cabo proyectos de investigación y desarrollo (del Cabo, 2011).

Los agricultores que tienen contrato con la cooperativa cultivan mayormente tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para vender en fresco. El rango de variedades cultivadas es muy amplio. Se cultivan diferentes tipos de cherry, tipo uva, tipo roma, además de una gran variedad de tomates tipo heirloom. Sin embargo, debido a que se recomienda en agroecosistemas ecológicos la combinación de diferentes especies tanto en el tiempo como en el espacio (rotaciones), con el fin de lograr un ecosistema equilibrado (IFOAM, 2011), también se introducen otros cultivos. Éstos incluyen pepino (*Cucumis sativus* L.), habas (*Vicia faba* L.), calabacín (*Cucurbita pepo* L.), guisantes (*Pisum sativum* L.), maíz (*Zea mays* L.), pimientos (*Capsicum annuum* L.) y flores como *Tagetes erecta* L. (Del Cabo, 2012).

1.2. Producción de tomate ecológico en México

Según FAOSTAT (2010) México es el décimo país del mundo en cuanto a producción de tomate. A su vez, el estado de Baja California es el segundo mayor productor de tomate de México. En 2010 se cultivaron alrededor de 100000 ha de tomate, dando una producción total de 3 millones de toneladas. El rendimiento, por tanto, es de 30,5 T/ha.

La producción de tomate cherry ecológico no tiene un margen de mercado muy amplio. Sin embargo, la demanda de productos ecológicos en EEUU ha tenido un crecimiento de doble dígito durante los últimos años (USDA, 2011). Esto ha provocado, que a nivel nacional en México, la producción de tomate cherry en ecológico haya ido incrementando hasta situarse en un 15% de la producción total de tomate cherry. En el estado de Baja California, la producción de tomate cherry ecológico en 2008 fue el 50% del total (SIAP, 2012).

1.3. Estructura del proyecto

En el presente estudio, lo que se pretende es integrar las observaciones y opiniones de los agricultores en un sistema de apoyo a las tomas de decisiones. En el contexto de agricultura ecológica es especialmente importante ya que muchos factores limitantes (a la producción) pueden no haber sido eliminados completamente como malas hierbas, plagas y enfermedades. Balances de nutrientes y de agua también son incluidos en el modelo ya que estos factores podrían, en este caso, estar limitando el rendimiento del cultivo. Como parte del modelo generado, el presente proyecto trata de desarrollar índices que sean simples y efectivos para evaluar el rendimiento del cultivo. Por ejemplo, se incluyen factores

ambientales clave tales como disponibilidad de agua, estructura del suelo, fertilidad del suelo, incidencia de plagas y enfermedades y finalmente contenido de nitratos (NO_3^-) y potasio (K^+) en la savia peciolar (medida en campo).

Este estudio ha sido estructurado en tres partes diferenciadas. La primera desarrolla una tipología de las fincas que proveen productos ecológicos a la empacadora de la cooperativa además de una agrupación jerárquica. Para ello se realizan encuestas a los agricultores. En estas encuestas se pide que el agricultor asigne valores cuantitativos a un conjunto de variables técnicas y económicas. Esta información es consecuentemente analizada mediante el uso de análisis multivariado de factores. La segunda parte consiste en el desarrollo de un modelo de regresión lineal en el que se correlacionan indicadores medidos en campo (NO_3^- y K^+) con el rendimiento (Kg/ha). Finalmente, la tercera parte trata de integrar la gestión del riego y las condiciones climáticas en el modelo de simulación predictivo AquaCrop desarrollado por FAO.

1.4. Objetivos

- Realizar un análisis de conglomerados para identificar diferentes agrupaciones de agricultores, basado índices tales como el rendimiento del cultivo, zona de producción, capacidad del agricultor entre otros.
- Correlacionar indicadores de cultivo (ppm NO_3^- y ppm K^+ en savia peciolar) con las recolecciones semanales y totales de tomate cherry (Kg/ha).
- Correlacionar balance hídrico con la recolección total.

1.5. Hipótesis

- Los resultados de las encuestas proporcionarán información suficiente para poder realizar una tipología y una agrupación jerárquica de las diferentes explotaciones estadísticamente significativas. La tipología ayudará al gerente de producción a comprender cómo la gestión de la producción y la estructura de la explotación pueden estar ligadas a factores limitantes de la producción. Además, ayudará a los agricultores a comprender cuál es su posición en la cooperativa respecto al resto de agricultores e identificar retos y sus limitaciones.
- La correlación entre indicadores de nutrientes en la savia peciolar y las cosechas semanales y totales permitirá el desarrollo modelos de regresión lineal simples que podrían ayudar a obtener predicciones de cosecha más exactas.
- La información climatológica junto con la información respecto a la gestión del riego puede ser integrada en el modelo de simulación AquaCrop para generar predicciones válidas de cosechas totales.

2. Materiales y Métodos

Como ya se ha mencionado antes, el presente estudio se divide en tres componentes. El primero consta de una tipología y caracterización de las explotaciones que proveen a la empacadora de Del Cabo, sita en Ensenada, Baja California Norte (BCN). Éstas se encuentran en los alrededores de Ensenada a excepción de tres de ellas que operan en el desierto de Vizcaíno. El segundo componente trata de una correlación entre indicadores de nutrientes medida en la savia de las plantas de tomate y las recolecciones tanto semanales como finales. Los indicadores escogidos fueron NO₃ y K. Éstos fueron monitoreados durante la época de recolección (unas 10 semanas) en cuatro zonas productivas (se incluyen entre paréntesis los códigos utilizado por Del Cabo para referirse a los agricultores): Santa Rosa (SAB), Las Pozas (SAC), San Vicente (VMA) y Ojos Negros (OAP). El tercer componente se centra en la gestión del agua y la función determinante de ésta como factor productivo. Para realizar esta parte se utilizó el modelo de simulación Aquacrop, desarrollado por FAO. Con el fin de proveer de contexto, a continuación se describen las diferentes zonas de producción así como datos concernientes al clima, características del suelo y características de la gestión de la producción de tomate cherry.

2.1. Descripción de la zona

A pesar de que Del Cabo opera también en Baja California Sur (BCS), en este estudio nos centramos únicamente en las fincas que proveen a la empacadora de Ensenada, es decir, las que se encuentran en su mayoría en Baja California Norte (BCN). En el siguiente mapa (Figura 1) se pueden observar las diferentes zonas de producción.



Figura 1. Áreas de producción en BCN. 1: La Misión; 2: Santa Rosa; 3: Ojos Negros; 4: Maneadero; 5: San Vicente; 6: San Quintín.

2.1.1. Laboreo

Las técnicas de laboreo son iguales en todas las zonas y cada año se llevan a cabo las mismas operaciones. Se hace un pase de subsolador, a una profundidad entre 40 y 60 cm, con el que se incorporan en el suelo los residuos del cultivo anterior. Una semana más tarde, se pasa una grada de discos con una profundidad de entre 10 y 15 cm tras lo cual el suelo queda preparado para poner los trasplantes. En caso de que el agricultor desee usar mulch de plástico, esto implica una operación más, en la que también se han de formar lechos elevados de 15 cm de altura y 40 cm de ancho.

2.1.2. Fertilización

La fertilización se lleva a cabo en dos fases. La primera se realiza antes de la implantación del cultivo y es igual en todos los casos. Esta fase de la fertilización la determina el departamento de producción de la cooperativa y los insumos son incorporados a la vez que las labores descritas más arriba. Los residuos de cultivos anteriores también son incorporados. La siguiente tabla (Tabla 1) resume los insumos aplicados y sus contenidos en N, P y K.

Tabla 1. Aplicación de fertilizantes pre-plantación y composición NPK correspondiente

| Material | Cantidad aplicada (Kg ha ⁻¹) | N (%) | P (%) | K (%) |
|---------------------|---|-------|-------|-------|
| Compost de lombriz | 1000 | 2 | 1 | 1 |
| Tikel | 2000 | 2 | 1 | 1 |
| True organic 12-3-0 | 300 | 12 | 3 | 0 |
| Roca fosfórica | 400 | 0 | 12 | 0 |
| Sulfato de calcio | 1000 | 0 | 0 | 0 |
| Jaiba 2.5-6.5-3.15 | 300 | 2.5 | 6.5 | 3.15 |

Una vez implantado el cultivo, durante las fases del crecimiento, floración y fructificación, se utilizan otros fertilizantes y pesticidas de certificación ecológica. Se aplican de manera continua, es decir, cada semana son incorporados bien a través del riego por goteo o bien a través de pulverización foliar. En la siguiente tabla (Tabla 2) se muestra un resumen de los fertilizantes aplicados antes y durante el cultivo expresado en N, P₂O₅ y K₂O para las cuatro parcelas monitoreadas.

Tabla 2. Resumen de N, P y K aplicado (en Kg N, P₂O₅ y K₂O.ha⁻¹) en pre-plantación, por fertirrigación y total en las cuatro zonas monitoreadas.

| Código parcela | Pre-plantación | | | Fertirrigación | | | Total | | |
|----------------|----------------|-------------------------------|------------------|----------------|-------------------------------|------------------|-------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| SAB-S03-4 | 103.5 | 106.5 | 39.6 | 6.0 | 3.5 | 34.7 | 109.5 | 110.0 | 74.3 |
| SAC-L01-19 | 103.5 | 106.5 | 39.6 | 15.6 | 3.6 | 39.0 | 119.1 | 110.1 | 78.6 |
| OAP-N06-45 | 103.5 | 106.5 | 39.6 | 45.6 | 24.9 | 85.2 | 149.1 | 131.4 | 124.8 |
| VMA-V01-21 | 103.5 | 106.5 | 39.6 | 6.7 | 1.1 | 27.0 | 110.2 | 107.6 | 66.6 |

2.2. Los tres componentes de estudio

2.2.1. Componente 1: Caracterización y tipología de productores de Del Cabo en BCN

2.2.1.1. Selección de individuos y recolección de datos

Los productores seleccionados operan en el área que rodea a la ciudad de Ensenada (<60 Km) (latitud: 31° N). Cabe distinguir entre agricultores que mediante contrato proveen a la cooperativa, y los gerentes de producción que gestionan fincas propias. De un total de 17 productores entrevistados, 4 de ellos forman parte de este último grupo. Es importante añadir que tres de los agricultores entrevistados operan en el desierto de Vizcaíno, que se encuentra a 700 Km en dirección sur (latitud: 27° N). Los siguientes mapas (Figura 2 y Figura 3) indican la localización exacta de estos productores.



Figura 2. Localización de los productores operando en los alrededores de Ensenada. Cada código de tres letras pertenece a un productor distinto.

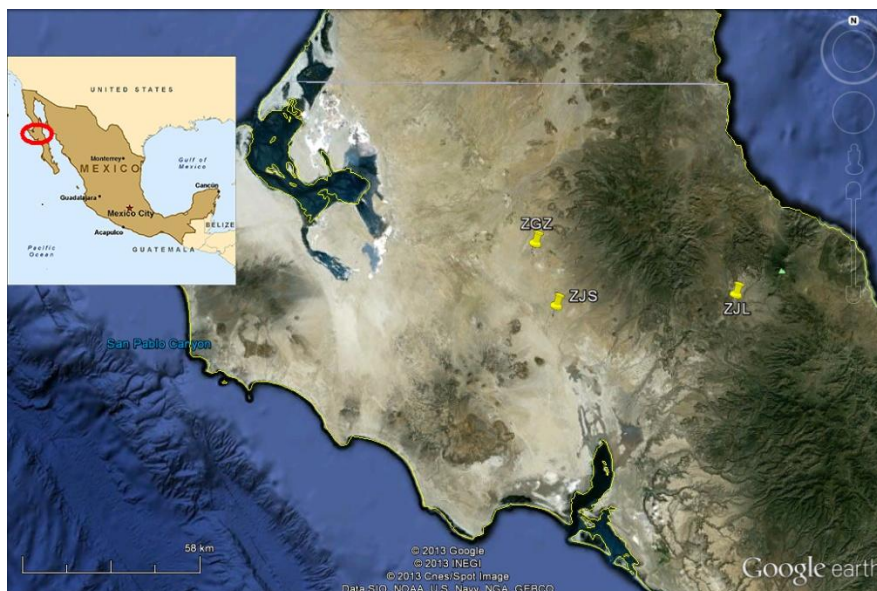


Figura 3. Localización de los tres productores que operan en el desierto de Vizcaíno. Cada código de tres letras pertenece a un productor distinto.

Éstos fueron entrevistados mediante una encuesta (ver Anejo A) en la que se preguntaba por información básica concerniente a la finca como superficie total (ha), cultivos principales, localización y número de empleados. Además, las agendas de riego, de fertilización y de laboreo también fueron documentadas. Por último, se les pidió que asignaran valores del 1 al 5 a diferentes factores de producción (abióticos, bióticos y de capacidades del agricultor) para valorar cuáles eran en su opinión los que limitaban la producción obtenible.

2.2.1.2. Selección de variables

Con el fin de realizar una agrupación jerárquica de las fincas, se seleccionaron las variables adecuadas. Para el diseño de las tres categorías generales de variables (CGV) se siguió el método propuesto en Righi et al. (2010). Estas tres categorías se definen como (1) Factores limitantes abióticos, (2) factores limitantes bióticos y (3) factores de auto-evaluación. La primera categoría incluye los siguientes factores: disponibilidad de agua, calidad del agua, estructura del suelo, materia orgánica del suelo, disponibilidad de nitrógeno, de potasio y de fósforo (en suelo) (7 variables). La segunda categoría incluye: presión por malas hierbas, nematodos plagas y *Alternaria* (4 variables). Finalmente, la tercera categoría incluye los factores de auto-evaluación: gestión del cultivo (en general), gestión de fertilidad del suelo, gestión de riego, gestión de malas hierbas, gestión de plagas y enfermedades, productividad, gestión de costes e ingresos netos. También se añadieron a la tipología otras tres variables: superficie total de la finca, rendimientos medios entre los años 2009 y 2011 (en Kg/ha) (no se muestran los datos) y un índice climático, que refleja cuán limitante a la producción pueden llegar a ser las temperaturas excesivamente altas.

No todas las variables mencionadas fueron incluidas en la tipología. Con el fin de determinar qué variables no eran relevantes se realizó un análisis de componentes principales (ACP) previo al agrupamiento jerárquico. Otras variables fueron integradas en índices, los cuáles sintetizan la información contenida en las variables dando unos resultados más legibles.

2.2.1.3. Análisis estadístico y agrupación jerárquica de productores

Para el análisis estadístico de los resultados de las encuestas se usó el paquete estadístico XLSTAT® para Microsoft Office Excel®. Después de la eliminación e integración de variables en índices se prosiguió con un ACP de tipo método de Pearson (n). Según Lebart et al. (1995) se recomienda realizar este análisis como paso previo a la agrupación jerárquica aglomerativa.

2.2.2. Componente 2: Correlación entre nutrientes y rendimientos

2.2.2.1. Características de las parcelas seleccionadas

Las cuatro parcelas seleccionadas para esta parte del estudio se localizan en el área de Ensenada (<60 Km). Éstas son Ojos Negros (713 m s.n.m., N 31°55'09"/O 116°14'35"), Santa Rosa (277 m s.n.m., N 32°01'32"/O 116°44'23"), Las Pozas (113 m s.n.m., N 32°04'36"/O 116°46'22") y San Vicente (279 m s.n.m., N 31°25'30"/O 116°15'45") (ver Figura 4).

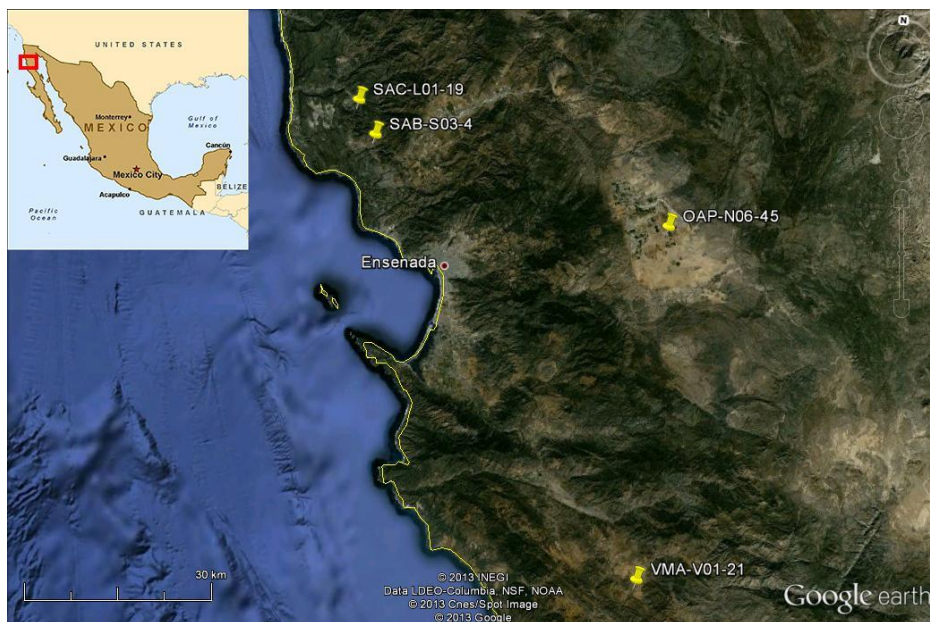


Figura 4. Localización de las parcelas estudiadas con código de identificación (Productor-campo-parcela).

Todas las parcelas se encuentran en zona de clima Mediterráneo (semi-árido), aunque hay variaciones importantes en cuanto a sus microclimas. El tipo de suelo dominante en los cuatro sitios es regosol, con pequeñas diferencias en cuanto al contenido en arena, aunque la mayoría de los suelos tienen la misma clase textural (Limo-arenoso). Más datos climáticos y de textura de los suelos son presentados en la siguiente tabla 3.

Tabla 3. Clasificación clase textural y contenidos en arcilla, limo, arena y MO en las cuatro parcelas seleccionadas. También se muestran las temperaturas y precipitaciones medias para cada una.

| | Ojos Negros | Santa Rosa | Las Pozas | San Vicente |
|--------------------------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| Temp. Media anual (C°) | 16.8 | 16.6 | 17.2 | 18.1 |
| Precipitación media anual (mm) | 260 | 314 | 255 | 227 |
| Clasificación USDA | Limo arenoso | Limo arenoso | Limo arenoso | Limo arcilloso |
| Arcilla (%) | 18 | 10 | 9 | 32 |
| Limo (%) | 22 | 35 | 36 | 25 |
| Arena (%) | 60 | 55 | 55 | 43 |
| MO (%) | 0.54 | 0.58 | 1.01 | 0.71 |

Los contenidos en macronutrientes se exponen en la tabla 4. Para el análisis de suelo, se tomaron 15 muestras aleatorias por parcela hasta completar un total de 2 Kg de muestra. Estas muestras fueron enviadas a un laboratorio para su análisis (Phytomonitor S.A. de C.V.) (ver en Anejo B). Las muestras fueron tomadas durante la 5ª semana de recolección, coincidiendo con la segunda semana de octubre.

Tabla 4. N,P y K en suelo y pH en las cuatro parcelas muestreadas (15 de octubre de 2011)

| Código parcela | Nutrientes (g/m ²) y pH | | | |
|----------------|-------------------------------------|-----|------|-----------------------|
| | N | P | K | pH (H ₂ O) |
| SAB-S03-4 | 12 | 79 | 739 | 7.05 |
| SAC-L01-19 | 45 | 117 | 2036 | 6.14 |
| OAP-N06-45 | 61 | 293 | 1073 | 7.24 |
| VMA-V01-21 | 78 | 109 | 1033 | 7.46 |

2.2.2.2. Indicadores de crecimiento

Basándonos en el estudio realizado por Andersen et al. (1999), el NO₃ de las plantas de tomate cherry fue medido semanalmente usando extracto de la savia peciolar. El objetivo, correlacionar estas medidas con las recolecciones semanales y finales (acumuladas). También se obtuvieron medidas de potasio y grados Brix (azúcares) de los mencionados extractos. Las mediciones fueron tomadas de las cuatro parcelas descritas en el apartado anterior. Para ello se seleccionaron tres secciones por parcela, siendo una sección un conjunto de cinco plantas consecutivas en una línea y delimitadas por dos postes a cada lado. Las tres secciones se seleccionaron dependiendo de su vigor, medido mediante evaluación visual de la sección. Se eligieron por cada parcela, una sección muy vigorosa, otra de vigor medio y una última de aspecto menos vigoroso. La variedad escogida para el estudio fue L-19, una variedad desarrollada por la misma cooperativa y que da un fruto de tomate cherry de tipo uva. Las mediciones se llevaron a cabo siguiendo las recomendaciones especificadas en Hochmuth (1994). Se recolectaban diez hojas maduras recientemente y se extraía su savia con un simple prensador de ajo. El líquido extraído se depositaba sobre un aparato de medición de nitratos (Cardy Twin: medidor de nitratos) a través de un electrodo de ion. Para la medición del potasio se seguía la misma metodología pero con un electrodo de ion específico para potasio (Cardy C131 Compact, Horiba®). En el caso de los grados Brix se usó un espectrómetro ordinario de rango de 0 a 32 °Brix.

2.2.3. Componente 3: Evaluación de balance hídrico con el modelo de simulación Aquacrop.

El objetivo de esta sección es la de evaluar la gestión del riego como factor que puede determinar el crecimiento y desarrollo del cultivo y de analizar su valor predictivo.

Modelo de simulación: Aquacrop

Este modelo de simulación, desarrollado por FAO, predice los rendimientos obtenibles (Kg/ha) de cultivos herbáceos en función de consumo de agua bajo circunstancias de secano y riego. El software ofrece una interfaz de uso fácil en el que datos concernientes (y parámetros) a cuatro categorías de factores productivos pueden ser introducidos en el modelo (como puede verse en la siguiente imagen, Figura 5).

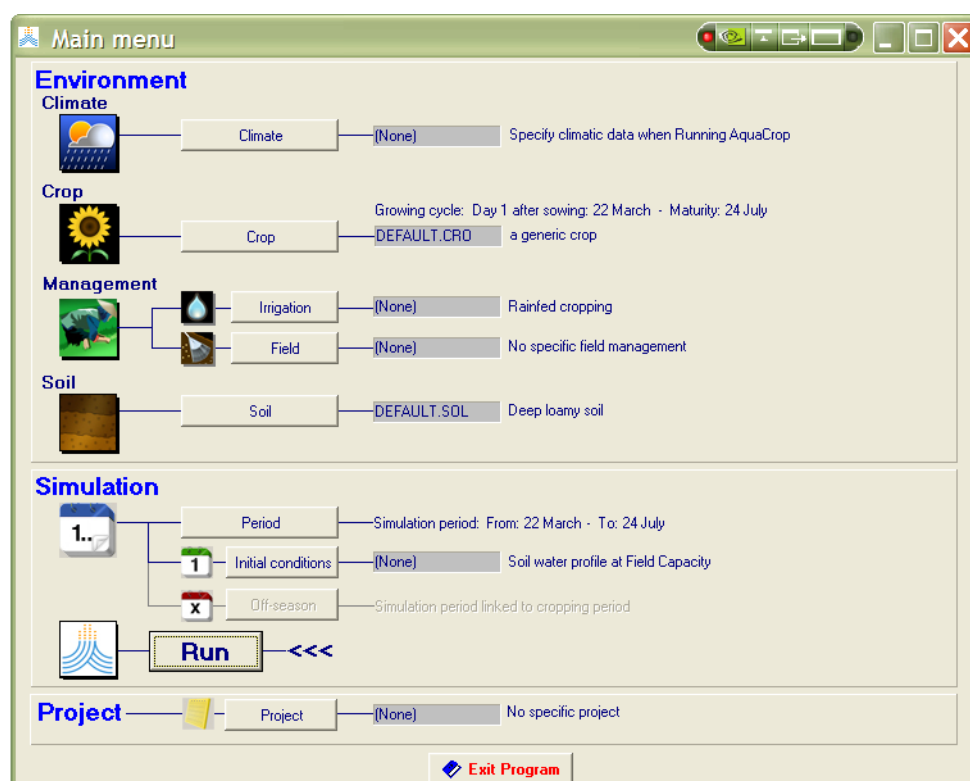


Figura 5. Ventana del menú principal del modelo de simulación Aqua Crop

Calibración del clima mediante el uso de ET₀ Calculator

La calibración de la primera categoría del modelo (el clima) se realiza mediante el uso de un programa auxiliar, ET₀ Calculator, también desarrollado por FAO. Este programa calcula a partir de datos de temperaturas mínimas, máximas y medias mensuales, valores de ETo mensuales. El programa aplica la ecuación de Penman-Monteith (Allen et al., 1998) para su cálculo. Los datos de temperaturas fueron tomados de las estaciones meteorológicas del Semarnat (SMN), institución pública del gobierno mexicano para estudios climáticos y meteorología.

Calibración del cultivo (Tomate cherry tipo uva, variedad L-19)

Dentro del programa ya existía un archivo con calibración para tomate. De todas formas, éste tuvo que ser modificado para ajustarlo a las características propias de la variedad estudiada. Por ejemplo, en el caso de la variedad estudiada, ésta se trataba de una variedad

indeterminada, por lo que la fase de cosecha tuvo que ser extendida a un total de 10 semanas y el ciclo total a 150 días después de transplante. La floración comenzaba 30 días después de transplante. Las primeras cosechas se dan entre 45 y 65 días más tarde y todo el periodo de cosecha se extiende 70 días (10 semanas). La cobertura del suelo por el cultivo se ajustó a 70% debido a la distancia entre líneas (1,6 m) la cual dejaba una considerable parte del suelo al descubierto.

Calibración del manejo

En esta parte fue introducida la información concerniente al riego. Ésta información fue obtenida a partir de las encuestas realizadas (ver Anejo A) a los agricultores. En las encuestas el riego queda expresado en unidades temporales (siendo 1 h equivalente a 2,8 mm) ya que todos utilizaban el mismo sistema de riego.

La fertilidad del suelo se consideró como no limitante ya que el uso de este modelo de simulación trataba únicamente de encontrar correlaciones entre el manejo del agua de riego y los rendimientos obtenidos. Finalmente, es en esta parte donde se introduce el parámetro de mulch de plástico. Se ajustó como 0% de cobertura para aquellos que no lo utilizaban y como 20% para aquellos que sí lo hicieron.

Calibración de la textura del suelo

Por último se introdujo la información concerniente a la textura del suelo. Ésta fue obtenida en el análisis efectuado el 15 de Octubre (ver anejo B). en el caso de las fincas no estudiadas, la información se tomó de análisis de años anteriores disponibles en la base de datos de la cooperativa.

3. Resultados y discusión

3.1. Caracterización y tipología de productores de Del Cabo en BCN

Los resultados de las encuestas realizadas a los 16 productores pueden verse en el Anejo C.

3.1.1. Selección de variables clave y desarrollo de índices

Todas las variables incluidas en el análisis aparecen en la siguiente tabla 5. No aparecen en ésta aquellas variables que debido a su irrelevancia no aportan nada al análisis y que de incluirlas empeorarían la legibilidad del mismo. Un criterio para eliminar variables es explicado en Righi et al. (2010), por el cual variables que muestran correlaciones muy altas son eliminadas. En este estudio también se combinaron variables del mismo tipo dando lugar a índices que integran la información en una sola variable.

Tabla 5. Clasificación de variables incluidas en el análisis de componentes principales (ACP) y creación de índices

| Categoría general | Variable | Variable incluida en el ACP | Variables compuestas (índices) |
|-------------------------------|---|-----------------------------|--------------------------------|
| Factores limitantes abióticos | Disponibilidad agua | X | |
| | Calidad agua | X | |
| | Estructura del suelo | X | |
| | Materia organica suelo | X | |
| | Limitación N | X | |
| | Limitación P | | |
| | Limitación K | | |
| | Gestión fertilidad suelo | X | |
| | Índice climático ¹ | X | |
| Factores limitantes bióticos | Tizón temprano | | |
| | Nematodos | | |
| | Plagas | | |
| Auto-evaluación | Malas hierbas (MH) | X | } Habilidad de gestión |
| | Gestión del cultivo | | |
| | Gestión fertilidad suelo | | |
| | Gestión riego | X | |
| | Gestión de plagas, enfermedades y MH | | |
| | Rendimientos | X | |
| | Costes | X | |
| | Ingresos | X | |
| Fuera de categoría* | Superficie (Ha) | X | |
| | Rendimientos medios ² (T/Ha) | X | |

*Variables continuas, añadidas al conjunto de variables cualitativas ordinales

¹Índice desarrollado a partir de los deciles de temperaturas máximas de estaciones meteorológicas

²Rendimientos medios de los últimos tres años (2009, 2010 y 2011)

Como puede verse, se utilizaron un total de 14 variables con una muestra de 16 agricultores del área de Ensenada. Como se observa en la tabla la variable de limitación de P fue excluida del análisis debido a su alta correlación con la variable de limitación de N ($p < 0.05$ and $R^2 = 0.50$). La limitación por K también fue excluida por no ser el potasio un factor limitante en las

fincas de los encuestados. La incidencia de tizón temprano (*Alternaria solani* Ell. and Mart.), nematodos y plagas fue también excluida del análisis debido a que disminuía la variabilidad explicada por el modelo (un 7.4% menos).

El índice de habilidad de gestión fue creado a partir de la media aritmética de las variables que contiene. De esta forma se incrementa la legibilidad del modelo. En cuanto al índice climático, éste fue creado a partir de los deciles de temperaturas máximas recogidos en las estaciones meteorológicas de las zonas productivas y posteriormente ajustados a una escala del 1 al 5 para que coincidiera con la del resto de variables cualitativas ordinales. La decisión de incluir este último índice se tomó tras ver en el estudio de Bart Fieten (2012) que las altas temperaturas de las zonas productivas suponían un serio factor limitante a la producción. Como ejemplo, en las zonas de Ojos Negros, San Vicente y Vizcaíno, temperaturas superiores a 45 °C se dan con frecuencia.

3.1.2. Resultados y discusión del ACP

Una vez seleccionadas todas las variables se procedió a realizar el ACP, como paso previo a la agrupación jerárquica y como análisis de la correlación entre variables. En la siguiente tabla (Tabla 6) se muestran los valores propios, varianzas y varianzas acumuladas de los 5 primeros factores del ACP.

Tabla 6. Valores propios, varianzas y varianzas acumuladas de los primeros 5 factores del ACP

| | F1 | F2 | F3 | F4 | F5 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Valores propios | 5.081 | 2.934 | 1.654 | 1.156 | 1.116 |
| Varianza % | 36.3 | 21.0 | 11.8 | 8.3 | 8.0 |
| Varianza acumulada % | 36.3 | 57.3 | 69.1 | 77.3 | 85.3 |

Como puede observarse en la varianza acumulada, los primeros 5 factores llegarían a explicar un 85.3% de la variabilidad total del modelo. Los dos primeros factores explicarían un 57.3% de la variabilidad total. Estos se exponen en la siguiente figura (Figura 6) en forma de “biplot”. El primer factor (F1) queda en el eje de abscisas y el segundo factor (F2) en el de ordenadas. De esta manera las variables son representadas como vectores en este plano. Para interpretar esta figura se debe entender que las coordenadas (x, y) de cada punto representan el resultado de la variable en el factor 1 y 2, respectivamente (siendo los factores combinaciones lineales de las variables). Este resultado significa el peso de la variable dentro del factor (o componente principal). A mayor vector, mayor es el peso de esta sobre el factor. Cabe explicar que el ángulo entre vectores nos da información relativa a la correlación entre variables. De esta forma, si el ángulo entre dos vectores es cercano a 0° la correlación será alta, además de positiva. Si éste es cercano a 90° la correlación no será fuerte. Por último, si éste es cercano a 180° la correlación será alta, aunque negativa.

Como se observa en el biplot, existe una correlación alta entre materia orgánica del suelo (MOS), estructura del suelo e índice climático. La correlación entre MOS y estructura del suelo confirma lo observado en estudios como el de Shepherd et al. (2002) en el que la primera tiene una influencia pronunciada y positiva sobre la segunda. Por ejemplo, la densidad aparente disminuye, la estabilidad de agregados aumenta y por lo tanto aumenta la porosidad y la velocidad de infiltración. En este punto es importante resaltar que los valores de MOS de las parcelas estudiadas son habitualmente menores que 1% (ver anejo B). Aplicaciones de grandes cantidades de abono (estiércol de vaca) podría presentarse como una solución, ya que el precio también es menor que los fertilizantes orgánicos utilizados en el esquema de la

cooperativa. Sin embargo, según la opinión del gerente de producción, el abono del que disponían era demasiado salino y sólo incrementaría el problema de salinidad de los suelos (ver anejo B). Cabe decir que existe evidencia científica que respaldaría una posición contraria, es decir, la posibilidad de mejorar situaciones de salinidad mediante aplicaciones de abono (Orman, 2012; Liu et al., 2010; Ould Ahmed et al. 2010 y Niazi et al., 2002).

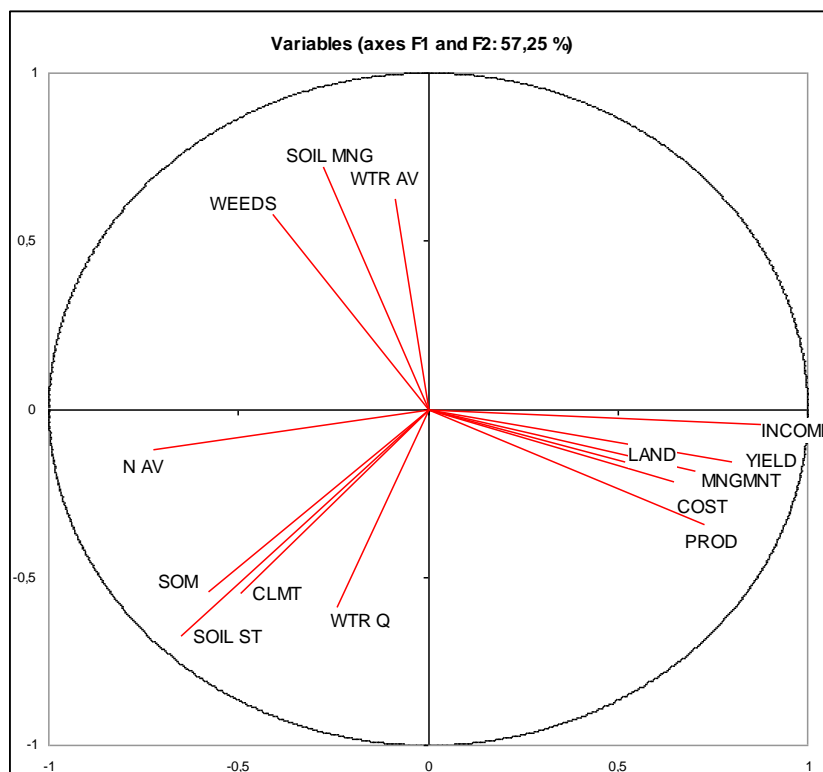


Figura 6. Biplot del ACP muestra la distribución de las variables e índices (en rojo) donde: SOIL MNG = Gestión suelo, WTR LIM = Disponibilidad de agua, WEEDS = Gestión MH, INCOME = Ingresos, MNGMNT = Habilidades de gestión, YIELD = Rendimientos medios (T/Ha), LAND = Superficie (Ha), COST = Costes (\$), PROD = Rendimientos (auto-evaluación), WTR Q = Calidad agua, CLMT = Índice climático, SOIL ST = Estructura suelo, SOM = Materia orgánica suelo, N LIM = Limitación de N

La correlación entre el índice climático y estructura del suelo y MOS se justifica por el hecho de que a mayores temperaturas la velocidad de descomposición de MOS es mayor (Kirschbaum, 1995). Es por ello que los agricultores que producen en zonas como Ojos Negros o Vizcaíno van limitada su producción por las elevadas temperaturas tanto directamente como indirectamente a través del impacto en la calidad del suelo de esta.

La limitación por nitrógeno también está correlacionada con la MOS y estructura del suelo. Los agricultores perciben que la calidad del suelo expresada como contenido de MOS y estructura, está directamente relacionada con la disponibilidad de nitrógeno. Esta correlación, que se da a través de la mineralización (por la flora edáfica) de nitrógeno orgánico, ha sido probada en varios estudios (Sullivan et al., 2003; Spargo et al., 2011; Scharenbroch and Lloyd, 2006).

En el cuadrante inferior derecha se agrupan otro conjunto de variables que aparecen relacionadas entre sí. Éstas son mayormente las variables correspondientes a la auto-evaluación tales como, habilidad de gestión, ingresos, costes y rendimiento. Junto con ellas se agrupan las variables superficie y rendimientos medios (variables medidas). La lectura que se extrae de esto es que los agricultores más productivos y los que poseen mayores superficies se

consideran a sí mismos como más habilidosos en la gestión de sus fincas, en los costes, que tienen mayores ingresos y que son más productivos. Sin embargo, cabe decir que la correlación entre rendimientos medios y la auto-percepción de los mismos no resulto ser significativa, lo que quiere decir que los agricultores tienen una falsa impresión de sí mismos en cuanto a productividad. Aun así, los rendimientos medios (media de los años 2009, 2010 y 2011) sí que guardan correlación positiva con la percepción en ingresos, costes y habilidad de la gestión.

Por último en el cuadrante superior izquierdo hay tres variables que parecen estar relacionadas. Estas son, malas hierbas, manejo del suelo y limitación de agua. En el caso de la correlación entre limitación de agua y manejo del suelo existe diversa literatura que explica la relación directa entre estas dos variables. Por ejemplo, técnicas de conservación de suelos ayudan a mejorar la capacidad de retención de agua de suelos a través de mejorar su estructura (Valarini, 2007; Landers, 2007 y Govaerts et al., 2009). La variable de malas hierbas guarda correlación significativa con la variable manejo del suelo. Esto explica la impresión de los agricultores de que un manejo del suelo que no sea bueno puede llevar a infestación seria por malas hierbas. La gestión de malas hierbas es esencial sobre todo cuando se trata de agroecosistemas ecológicos en los que los herbicidas no están permitidos (Clark, 1999).

El siguiente biplot (Figura 7) muestra la posición de los agricultores en el mismo. De esta manera los puntos (en azul) se asocian en el plano con las variables (vectores en rojo) de la Figura 6. Los agricultores que se encuentran más alejados del centro son aquellos cuyo perfil se aleja más del perfil medio. Lo contrario ocurre con los que se encuentran cerca del centro.

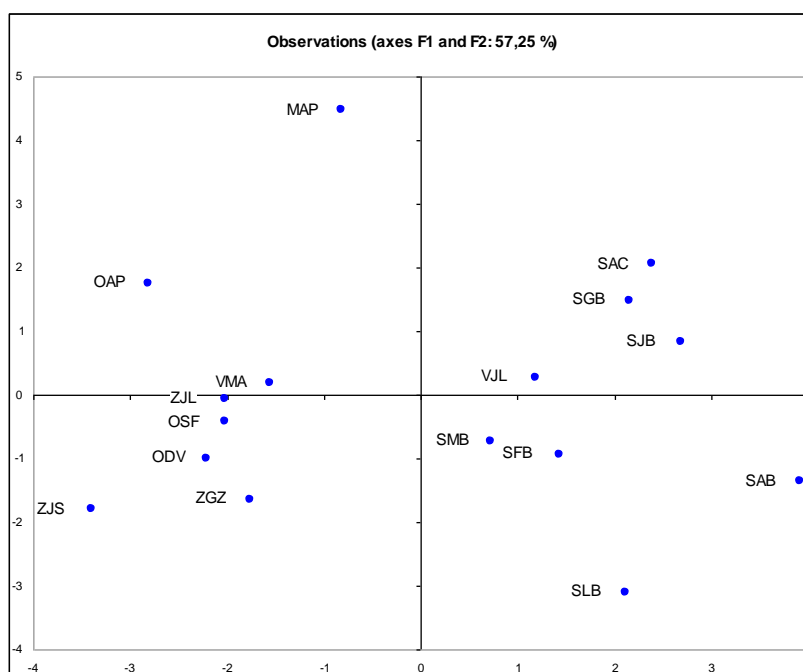


Figura 7. Biplot de las obsevaciones (agricultores).

Como se puede observar, los agricultores ZJS, ZGZ, ZJL, ODV y OSF son agricultores que ven su producción limitada por la baja cantidad de MOS, disponibilidad de N y mala estructura del suelo. En cambio SLB, SAB, SFB, SMB, y SJB son los agricultores más productivos y que además así es cómo lo perciben. En el caso de MAP y OAP, son dos de las fincas propiedad de la cooperativa y llevadas por encargados de campo. Estas dos tienen en común una productividad muy baja (OAP = 22.3 T/ha, MAP = 19.2 T/ha) y además MAP se ve limitada por malas hierbas y OAP por disponibilidad de agua.

3.1.3. Resultados y discusión de la agrupación jerárquica

A partir de los resultados obtenidos en el ACP se llevó a cabo una agrupación jerárquica de los agricultores encuestados. El resultado de este análisis dio lugar a cuatro grupos tal y como se muestra en el siguiente biplot (Figura 8).

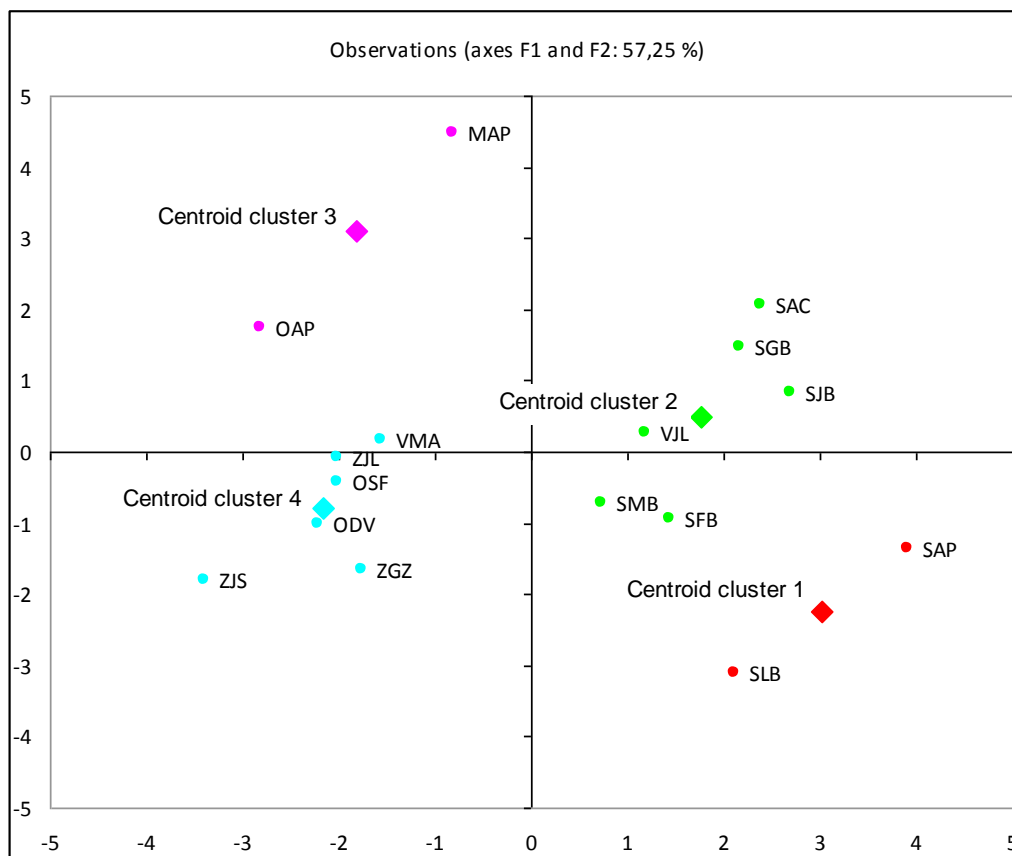


Figura 8. Biplot del ACP que muestra los puntos centrales de cada una de las cuatro clases resultantes de la agrupación jerárquica (Hierarchical clustering). (Rojo = cluster 1; Verde = cluster 2; Morado = cluster 3; Azul = cluster 4)

El criterio usado para validar esta agrupación consiste en las varianzas (o inercias) presentadas dentro de cada grupo y entre grupos. De esta manera se considera que la agrupación es válida (estadísticamente significativa) cuando la varianza entre grupos es mayor a las varianzas dentro de cada grupo. Los puntos centrales de cada grupo representan la media del mismo.

Caracterización de los grupos

Una vez obtenidos los resultados de la agrupación se procedió a la caracterización de los grupos. Para ello nos fijamos en las medias para cada variable dentro de cada grupo. Como ejemplo, en las siguientes figuras (Figuras 9 y 10) podemos ver las diferencias en superficie y rendimientos de los diferentes grupos.

En el resto de variables e índices también se observaron diferencias significativas entre grupos. Por ejemplo, los agricultores dentro de los grupos 1 y 2 se consideran más habilidosos en la gestión de sus fincas. De hecho, así lo confirman los rendimientos obtenidos (Figura 10). Respecto a los factores limitantes, se observa que estos son menores en el grupo 1 y que

gradualmente aumentan en los grupos 2, 3 y 4 aunque esto no es así para todos los agricultores. Se darán más detalles en las siguientes líneas.

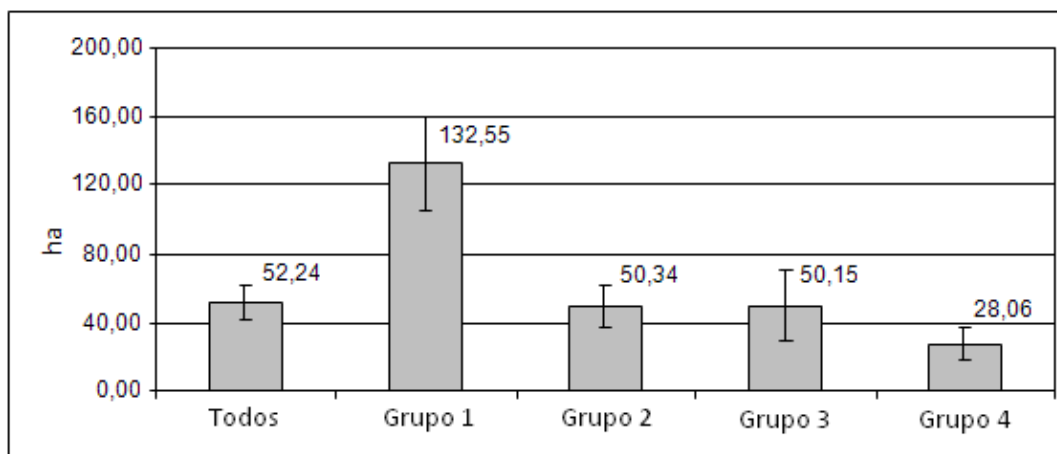


Figura 9. Valores medios de superficie en propiedad (ha) total y por grupos.

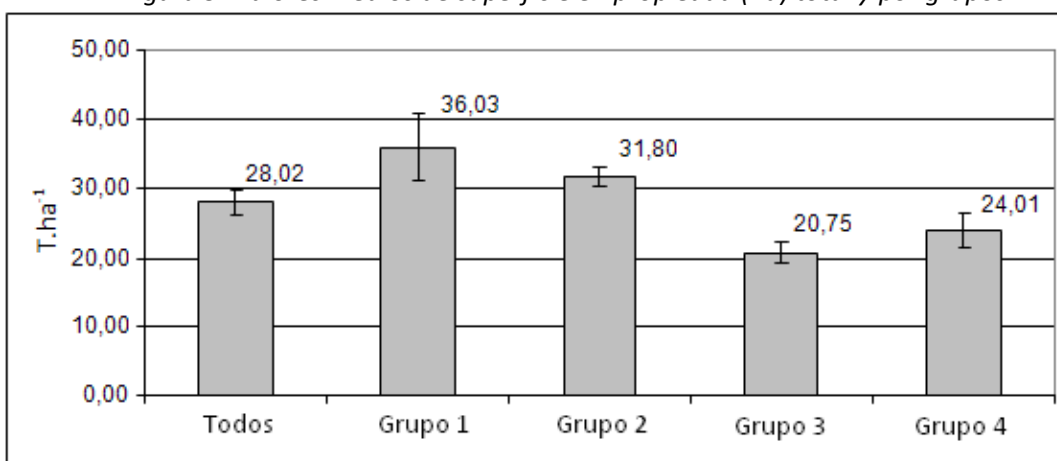


Figura 10. Valores medios de rendimientos (T/ha) total y por grupos.

Grupo 1

Como se ha mencionado antes este grupo incluye a los dos agricultores que poseen mayores superficies y tienen rendimientos más altos. Las similitudes se deben a que gestionan sus fincas conjuntamente debido a lazos familiares. Otras características de este grupo es que se consideran de los agricultores con más habilidad en la gestión de sus fincas y cuyos resultados económicos son los mejores.

Grupo 2

Dentro de este grupo, SAC y SGB son muy parecidos. Debido a que operan en la misma zona (valle de Santa Rosa), se encuentran con factores limitantes parecidos. Por ejemplo, mientras la mayoría de factores parecen no perjudicar la producción, las malas hierbas aparecen como el mayor reto para estos dos agricultores. Es por ello que estos dos forman un subgrupo en la jerarquización. El resto de agricultores del grupo (SFB, SJB, VJL y SMB) tienen más características en común. En general, los rendimientos dentro del grupo varían entre 28 T/ha y 36 T/ha. También se consideran a sí mismos como los agricultores más hábiles y que más ingresos obtienen. Tienen en común también que todos, excepto VJL, operan en Santa Rosa, una zona que cuenta con características óptimas para el cultivo del tomate.

Grupo 3

Este grupo está formado por MAP y OAP. Ambas fincas tienen en común el ser propiedad de la cooperativa y estar gestionadas por empleados de la misma. Sin embargo, se encuentran en dos zonas muy diferentes climáticamente hablando. Mientras en OAP las temperaturas máximas limitan gravemente la producción, MAP al encontrarse en la costa no sufre semejante problema. A pesar de ello ambos perciben que los factores que limitan su producción son parecidos (disponibilidad de agua y malas hierbas) y ambos se autoevalúan de forma similar.

Grupo 4

Dentro de este grupo se encuentran todos los agricultores que operan en el desierto de Vizcaíno, dos en Ojos Negros y uno en San Vicente. Tienen en común las altas temperaturas como factor limitante principal. Como resultado, estos son los agricultores cuyos rendimientos medios son los más bajos. Es por ello que también son los productores que puntúan más bajo en la parte de auto-evaluación, aunque eso no quiera decir que sean menos habilidosos. El agricultor que menos se ajusta al perfil medio dentro de este grupo es VMA, quien considera que es la fertilidad del suelo más que las condiciones climáticas la que limita su producción.

3.1.4. Conclusiones de la tipología y agrupación jerárquica

Es evidente que este análisis contribuye a incrementar el conocimiento que se tiene de las explotaciones que proveen a Del Cabo. Esto puede servir como herramienta al gerente de producción a la hora de dar recomendaciones sobre técnicas para mejorar el sistema productivo. En cuanto a los factores limitantes, el ACP ha resaltado la importancia de tener en cuenta la fertilidad del suelo como clave para aumentar las producciones. Es por ello que estudiar la posibilidad de incrementar la cantidad de enmiendas orgánicas se plantea como una necesidad, especialmente cuando se trata de sistemas de producción agroecológicos. Se desprende también de este análisis que las limitaciones relacionadas con condiciones climáticas adversas (temperaturas extremadamente altas y baja disponibilidad de agua) comprometerán en el futuro de explotaciones en Ojos Negros y Vizcaíno. Para combatir esto se habrá de estudiar el beneficio de usar técnicas como mallas de sombreo y mulch de plástico u orgánico.

3.2. Correlación entre nutrientes y rendimientos

De acuerdo con el trabajo realizado por Locascio et al. (1997) y Andersen et al. (1999), el nitrato medido en la savia peciolar puede usarse para controlar el estado nutricional de los cultivos. Además, puede ser correlacionado significativamente con rendimientos finales en cultivares de crecimiento determinado de tomate (Andersen et al., 1999). En su estudio (Andersen et al., 1999) correlacionó nitrato medido en la savia peciolar 7 semanas después del trasplante con el rendimiento total y comercial. En el estudio de Locascio se obtuvo a su vez correlación estadísticamente significativa entre nitrato medido en savia peciolar a las 6 semanas de trasplante y rendimiento final. Otra razón que hace al nitrato de la savia peciolar un indicador del estado nutricional del cultivo interesante es que los factores climáticos y ambientales se integran en él (Andersen et al., 1999).

El propósito de este estudio fue explorar la posibilidad de utilizar estos precedentes y la aplicabilidad de esta tecnología, para los cultivos de tomate cherry cultivados por los agricultores del Cabo.

3.2.1. Contenido de NO_3^- y K^+ en plantas de tomate cherry

Se tomaron medidas de NO_3^- y K^+ en los campos de SAC, SAB, OAP y VMA. La primera medida fue tomada en la primera semana de cosecha. Las siguientes fueron tomadas a intervalos semanales, nunca excediendo los 8 días entre muestreos. Cabe decir que las medidas de NO_3^- se descalibraron a partir de la cuarta debido a mal funcionamiento del sensor electrónico del *Cardy-meter*. En la siguiente figura (Figura 11) se muestran los resultados (en ppm NO_3^-) obtenidos en las cuatro fincas estudiadas.

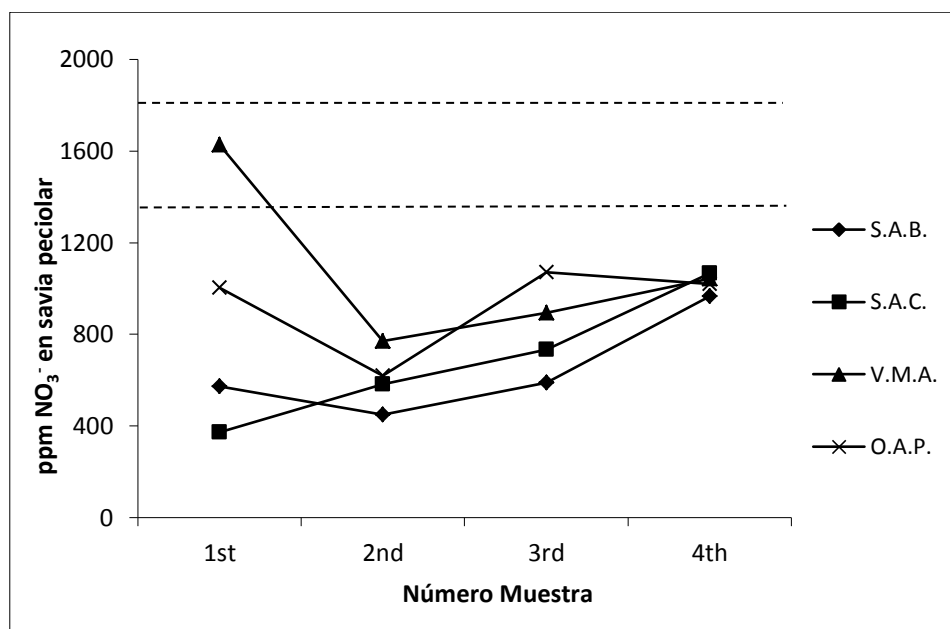


Figura 11. Medias NO_3^- (ppm) en savia peciolar para las cuatro medidas tomadas semanalmente. Las líneas discontinuas señalan los valores (umbrales) de suficiencia nutricional (Hochmuth, 1994).

Como se puede observar, todas excepto una de las medidas se encuentran por debajo de los niveles de suficiencia descritos por Hochmuth (1994) para tomate (la concentración en savia durante la primera cosecha debería encontrarse entre 1329 ppm y 1772 ppm). Esto indica un déficit en este nutriente. Las medidas de K^+ no se incluyen aquí ya que este nutriente no resultó ser un factor limitante (valores por encima de los de suficiencia (Hochmuth, 1994)).

3.2.2. Rendimientos semanales y finales de tomate cherry

Se tomaron muestras de tomate cherry de las mismas parcelas en las que se midió el nitrato peciolar. El muestreo fue semanal durante las 10 semanas que duró la cosecha. En la siguiente tabla (Tabla 7) se muestran las medias, máximas y mínimas de las cosechas acumuladas para las cuatro parcelas. De acuerdo con el análisis de varianza (ANOVA) y el método de diferencia mínima significativa de Fisher (DMS), VMA obtuvo los mayores rendimientos, OAP los más bajos y SAC y SAB intermedios.

Tabla 7. Rendimientos medios, máximos y mínimos (T/ha) de las cuatro parcelas estudiadas

| | Rendimientos medios | Rendimientos máximos | Rendimientos mínimos |
|--------------|---|----------------------|----------------------|
| SAB (n=3) | 14.47 ± 2.20 ¹ ab ² | 18.41 | 10.79 |
| SAC (n=3) | 10.98 ± 0.44 ab | 11.77 | 10.25 |
| VMA (n=3) | 16.30 ± 4.25 a | 24.39 | 9.98 |
| OAP (n=3) | 7.17 ± 2.09 b | 11.32 | 4.73 |
| Total (n=12) | 12.23 ± 1.53 | | |

¹Error estándar de la media

²Los rendimientos medios indicados con letras distintas difieren de forma estadísticamente significativa ($p < 0.05$) según el test de Fisher de diferencias mínimas significativas (DMS)

En cuanto a cómo se distribuyen los rendimientos semanalmente, los resultados fueron muy heterogéneos. Estos no mostraron una tendencia generalizada. Únicamente en los casos de SAC y SAB se observó un pico en las semanas centrales, tal y como lo contempla el modelo usado por el gerente de producción. En el estudio realizado por Fieten (2012), estudio realizado sobre las cosechas primavera-verano (en el presente estudio, verano-otoño), las cosechas fueron para estas mismas parcelas de 2 a 7 veces mayores. En ese estudio las curvas de producción también se ajustaron mejor al modelo usado en la cooperativa. La razón por la que los rendimientos observados fueron tan bajos se debe a que habitualmente las cosechas de otoño son menores que las de verano. Factores que contribuyen a esto son las diferencias en radiación solar, acumulación de grados-día y posibilidad de suceso de heladas (en OAP). Según la literatura al respecto, los rendimientos de tomate cherry a campo abierto y en ecológico varían entre 25 y 50 T/ha (Castro et al., 2006; Moccia et al., 2006; Gomes Junior et al., 2011; Da Silva, 2011). Sin embargo estas referencias registran solamente cultivos de primavera-verano. Por ello cabe decir que temperaturas más bajas llevan a desarrollo más lento de superficie foliar (Heuvelink, 1989; Smeets y Garretsen, 1986). Sumando a esto la reducción en radiación solar recibida en los meses de otoño, se concluye que la producción de asimilados por parte del cultivo se ve tremendamente reducida.

3.2.3. Correlación entre mediciones de NO_3^- en savia peciolar y rendimientos semanales

Las mediciones de NO_3^- que se utilizaron para realizar las correlaciones son las correspondientes a las primeras tres semanas de cosecha. Estas medidas fueron correlacionadas con los rendimientos semanales de las cuatro parcelas estudiadas. El método usado para correlacionarlas fue un análisis de regresión lineal. De acuerdo con el estudio de Andersen et al. (1999) se usaron funciones polinómicas de segundo orden ya que estas describen con más exactitud las correlaciones entre variable independiente (NO_3^-) y rendimientos. Cabe decir que los datos obtenidos en OAP no fueron incluidos en los modelos de regresión ya que el tratamiento de fertilización en esta parcela fue muy diferente al recibido en las otras tres. Esto habría provocado que los datos redujeran la calidad de los modelos de regresión lineal.

En cuanto a la variabilidad explicada por los modelos desarrollados, se observó que los coeficientes de determinación (R^2) incrementaban a la vez que aumentaba el tiempo entre la muestra de NO_3^- (ppm) y el rendimiento semanal (Kg/ha). Los valores más altos de R^2 se obtuvieron para intervalos de tiempo de entre 5 y 8 semanas. Por lo tanto, las medidas de NO_3^- tomadas en las semanas 1^a, 2^a y 3^a (de cosecha) se correlacionaron con los rendimientos

semanales de las semanas 7^a, 8^a y 9^a (de cosecha). La siguiente tabla 8 muestra los coeficientes de determinación y las funciones cuadráticas de los nueve modelos de regresión desarrollados.

Tabla 8. Respuesta de los rendimientos de tomate cherry basada en las mediciones de NO₃⁻ en savia peciolar en SAB, SAC y VMA. Coeficientes de determinación de los modelos de regresión cuadrática y sus respectivas ecuaciones para las nueve combinaciones propuestas

| Rendimiento | Coeficientes de determinación | | |
|-------------|--|--|--|
| | 1 ^a Medición NO ₃ ⁻ | 2 ^a Medición NO ₃ ⁻ | 3 ^a Medición NO ₃ ⁻ |
| Semana 7 | 0.8175** | 0.9487*** | 0.8472** |
| Semana 8 | 0.7005* | 0.7433* | 0.705* |
| Semana 9 | 0.789** | 0.9348*** | 0.8412** |

| Rendimiento | Funciones de los modelos de regresión cuadrática | | |
|-------------|--|--|--|
| | 1 ^a Medición NO ₃ ⁻ | 2 ^a Medición NO ₃ ⁻ | 3 ^a Medición NO ₃ ⁻ |
| Semana 7 | $y = 0,004x^2 - 5,565x + 2765,7$ | $y = 0,0022x^2 - 0,816x + 526,84$ | $y = 0,0018x^2 - 3,4603x + 2514,4$ |
| Semana 8 | $y = -0,0006x^2 + 2,979x - 557,3$ | $y = 0,0015x^2 - 0,116x + 333,74$ | $y = 0,0006x^2 - 0,3368x + 652,87$ |
| Semana 9 | $y = 0,0055x^2 - 7,906x + 4113,7$ | $y = 0,0027x^2 - 0,678x + 777,36$ | $y = 0,0026x^2 - 5,1451x + 3908,5$ |

***, **, * Estadísticamente significativa con niveles de significancia 0.001, 0.01 y 0.5 respectivamente.

Para entender la relación entre NO₃⁻ de la savia peciolar y el rendimiento semanal que ocurre 5-8 semanas después que es necesario tener en cuenta las etapas fisiológicas del cultivo de tomate cherry. La primera floración tiene lugar a los 45 días después del trasplante. Hasta la maduración pasan 70 días. Por lo tanto, existe una brecha de 5 semanas entre el cuajado y maduración del fruto. Es decir, la concentración de NO₃⁻ en savia en el momento de cuajado se correlaciona linealmente con la cosecha potencial de esos mismos frutos. Los mismos resultados se muestran en Andersen et al. (1999), Rhoads et al. (1996) y Locascio et al. (1997) con variedades determinadas de tomate. En sus estudios, los rendimientos de tomate fresco se correlacionaron significativamente con NO₃ medido de 5 a 7 semanas antes de la cosecha. La siguiente figura (Figura 12) muestra las curvas de los modelos de regresión obtenidos junto con sus valores R².

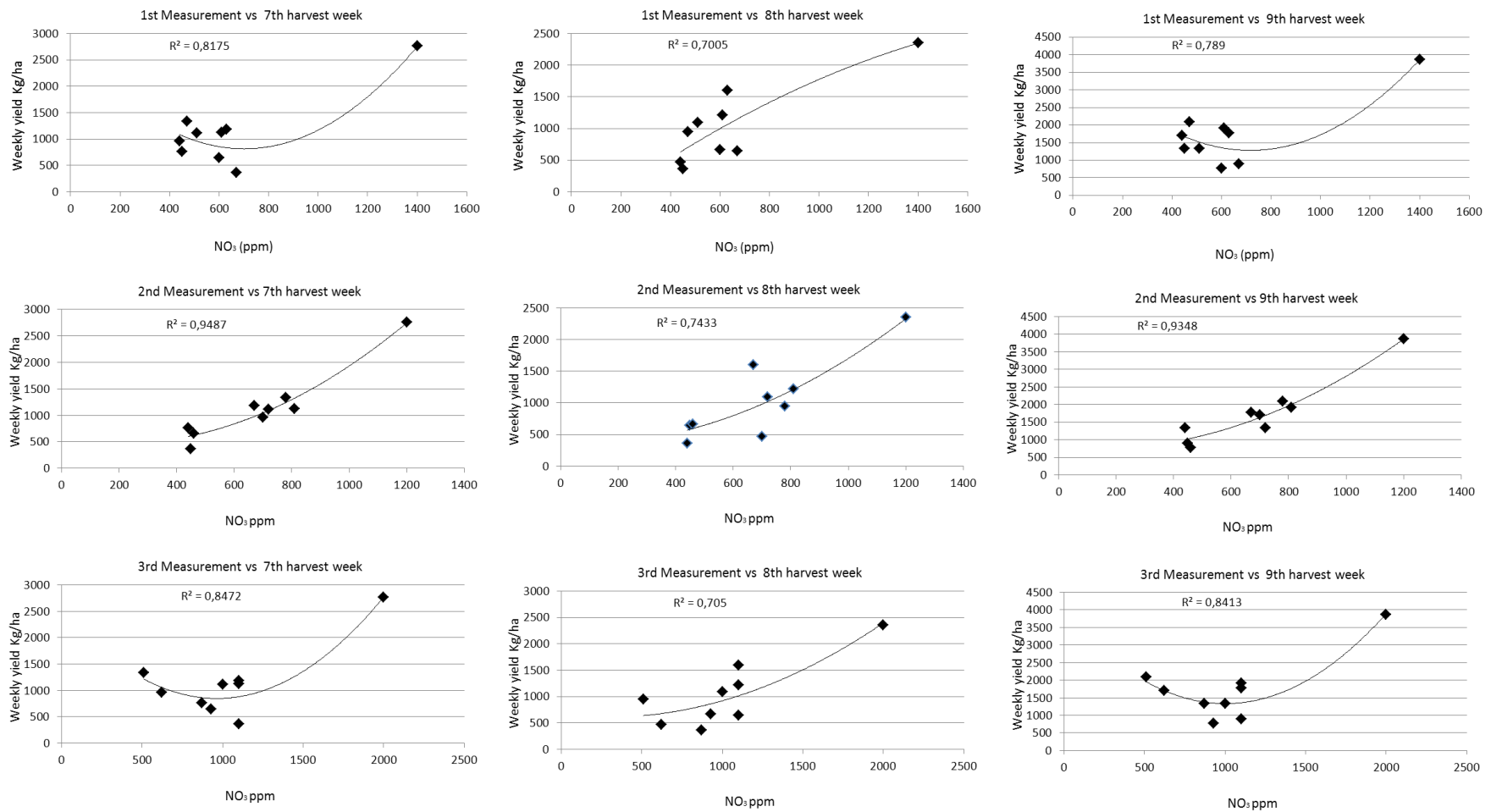


Figura 12. Modelos de regresión muestran los rendimientos semanales como funciones cuadráticas del NO₃⁻ en savia peciolar medido durante las primeras tres semanas de cosecha. Los valores de R² se muestran dentro de cada gráfico.

3.2.4. Conclusiones de la correlación entre nutrientes y rendimientos

Se desprende del estudio realizado que el análisis de nitratos de la savia peciolar es un método útil para la monitorización del estado nutricional del cultivo con la ventaja de ser fácil de usar. Sin embargo, el precio del ionómetro Cardy-meter puede resultar disuasorio para su utilización a escala pequeña.

El contenido en nitrato observado en la mayoría de las muestras tomadas resultó ser muy limitado y a pesar del uso abundante (en algunos casos) de insumos externos de nitrógeno. En consecuencia, parece necesario cambiar el enfoque en cuanto a fertilización. Primeramente, queda claro de la tipología del apartado anterior que medidas que mejorasen la fertilidad del suelo a través del incremento en MO llevaría a mayor capacidad de retención de agua, mejor estructura del suelo y mayor disponibilidad de nitrógeno. Segundo, parece que es necesaria también una mejor sincronización entre aplicaciones de nitrógeno y demanda del mismo por parte del cultivo, con el fin de aumentar la eficiencia y reducir pérdidas por lixiviación. Por último, los niveles de potasio tanto en suelo como en la savia peciolar resultaron ser excesivamente altos. Este hecho junto con una alta salinidad observada en los suelos (ver anejo B). Por lo tanto se recomendaría el uso de fertilizantes relativamente ricos en nitrógeno y pobres en potasio.

En cuanto a la predicción del rendimiento basada en el uso de mediciones de nitrato en savia peciolar, los modelos de regresión mostraron una correlación lineal positiva entre NO_3^- (ppm) y rendimiento (Kg/ha). Resultados similares fueron reportados por Rhoads et al. (1996), Locascio et al. (1997) y Andersen et al. (1999). Sin embargo, debido a la falta de puntos de datos en la parte de la curva donde ésta se estabilizaría, no es posible obtener un valor de NO_3^- de savia peciolar crítico que podría decir cuál es el nivel de suficiencia en este cultivo de tomate específico y bajo las condiciones climáticas dadas.

Sin embargo, los modelos de regresión obtenidos son estadísticamente significativos para intervalos de tiempo entre 7 y 9 semanas. A pesar de esto, estos modelos necesitan validación y una calibración futura para que puedan llegar tener la robustez requerida en estos modelos predictivos. Como consecuencia, estos modelos deberían ser personalizados para cada una de las zonas productivas que compartan características climatológicas y edáficas similares ya que el nitrato en savia peciolar funciona como indicador que integra estas características (tal como señala la tipología desarrollada en el primer componente del presente estudio).

3.3. Resultados y discusión de la evaluación de balance hídrico con el modelo de simulación Aquacrop.

Dadas las condiciones de clima árido de Baja California, el manejo del riego es fundamental para lograr rendimientos satisfactorios. Además, en parcelas donde la textura del suelo tiende a ser arenosa, la programación es aún más importante. Baja California tiene un clima particularmente propenso a la sequía y junto con eso una creciente demanda de agua (Medellín-Azuara, 2008). Debido a que el agua es un importante factor limitante en el sistema de producción de Del Cabo (NY Times, 2012), se hizo un intento de modelar las relaciones hídricas en los cultivos de tomate cherry y se comprobó si puede utilizarse el modelo de simulación Aquacrop como predictor de rendimientos finales.

Además de la simulación para predecir el rendimiento, se analizó el resultado de los balances hídricos del modelo. Los resultados numéricos de ET, precipitaciones, riego y drenaje se presentan en la siguiente figura (Figura 13). Analizar el balance hídrico en el suelo durante la temporada de crecimiento proveyó algunas ideas respecto a las relaciones hídricas que se pueden utilizar en la identificación de puntos críticos (es decir, situaciones de déficit hídrico que dificultan el buen crecimiento de la planta y por lo tanto reducen el rendimiento final).

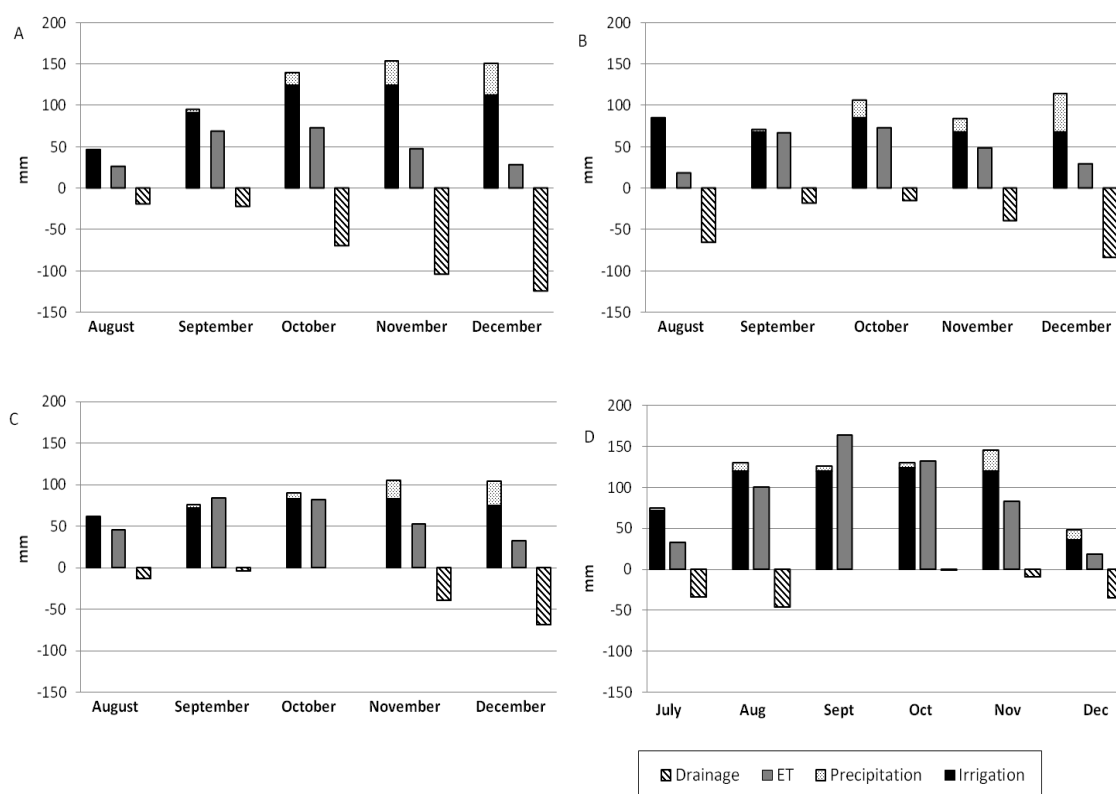


Figura 13. Estimaciones del modelo de simulación Aquacrop de ET, precipitación, riego y lixiviación para las cuatro fincas estudiadas durante los meses en los que se da el cultivo (A = SAB, B = SAC, C = VMA and D = OAP)

En general, la mayor evapotranspiración acumulada se dio en OAP (532 mm), seguida de VMA (297 mm), SAB (247 mm) y SAC (238 mm). Respecto al riego, OAP recibió un total de 592 mm, seguido de SAB (501 mm) y VMA y SAC, que recibieron en ambos casos (372 mm). Según se aprecia en la Figura 13, la falta de una buena planificación de los riegos en SAB dio lugar a una situación en la que la lixiviación llegó a ser de 337 mm, superando de esta manera a la propia

evapotranspiración (247 mm). Esta pérdida por lixiviación podría estar a su vez relacionada con lixiviación de nitratos y es por ello que se observaron los valores de nitrato en suelo más bajos (ver anejo B) de entre las parcelas estudiadas. En el resto de parcelas también se observó un desajuste entre la demanda de agua y el riego aplicado, especialmente durante los primeros y últimos meses del cultivo (Figura 13).

En cuanto al uso de Aquacrop como herramienta de simulación de rendimientos, se procedió a una validación del modelo mediante correlaciones entre rendimientos simulados (en T materia seca/ha) con los rendimientos estimados (ver Tabla 7) y los rendimientos medios registrados en la base de datos de la cooperativa. Se realizaron regresiones lineares para las dos correlaciones. En ambos casos el modelo obtenido no fue estadísticamente significativo ($p > 0,05$). Sin embargo, en la regresión lineal con los rendimientos estimados sí que se observó cierta correlación, siendo $R^2 = 0,69$ (ver figura 14). Por lo tanto, la falta de más puntos en este caso impidió la validación del modelo de simulación.

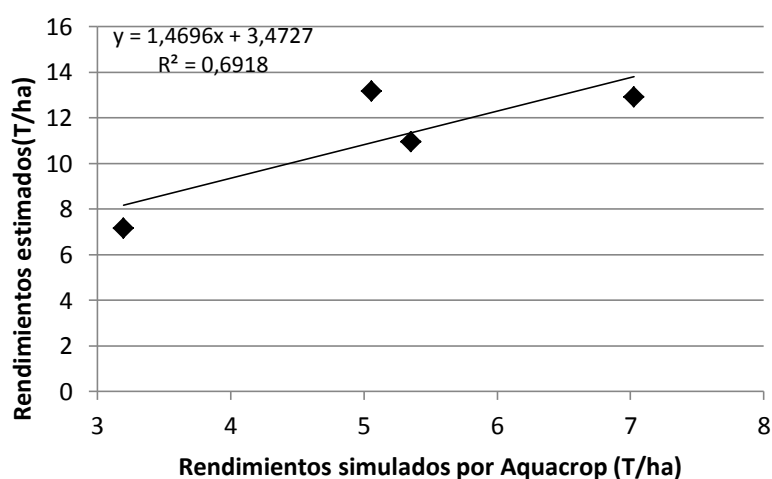


Figura 14. Modelo de regresión lineal para los rendimientos simulados por Aquacrop y los rendimientos finales estimados en las cuatro parcelas estudiadas (SAB, SAC, VMA y OAP)

Cabe señalar que los resultados de la simulación vienen expresados en toneladas de materia seca (MS), mientras que los rendimientos estimados están expresados en materia fresca (MF). Este hecho no presentaría mayor problema en el caso de que el contenido en MS del fruto fuese homogéneo en todas las parcelas. Por el contrario, según el estudio de Fieten (2012) los valores de MS en fruto variaron entre 8,95% y 11,25%. Este rango potencial en los valores de MS hace que la simulación de Aquacrop no sea idónea para la predicción de rendimientos de producto fresco.

Con el objetivo de averiguar si el manejo del riego suponía un factor limitante a la producción, se desarrolló un índice de estrés hídrico (IEH o WDSI por sus siglas en inglés) el cual aporta un valor cuantitativo a la magnitud del estrés sufrido. Éste se describe en la siguiente fórmula:

$$WDSI = \sum_{i=m}^n D_i \times \Delta W_i$$

Donde, ΔW es el balance hídrico (mm) para el mes i , D es el número de días del mes i , m es los meses en los que el balance hídrico es negativo y n el total de meses en los que el balance hídrico es negativo. De acuerdo con el estudio de Renquist y Reid (2010) si el estrés hídrico sufrido por el cultivo es severo, el cultivo verá reducido su crecimiento lo que en consecuencia

limitará la capacidad de rendimiento del mismo. Con el fin de analizar si existía relación entre estrés hídrico y los rendimientos se llevó a cabo una regresión lineal entre el WDSI y los rendimientos estimados (ver Tabla 7) (Figura 15).

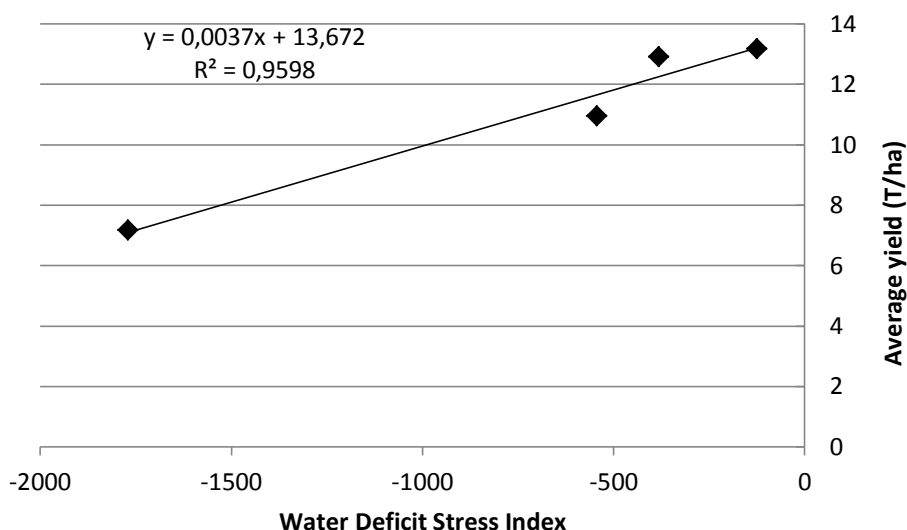


Figura 15. Regresión lineal entre WDSI y rendimientos estimados para las cuatro parcelas estudiadas (SAB, SAC, VMA y OAP)

Esta pronunciada correlación entre WDSI y los rendimientos estimados ($R^2 = 0,96$; $p < 0,05$) muestra claramente que la gestión del riego no es óptima y de que hay evidencia de déficits hídricos agudos en ciertas etapas del cultivo. Por lo tanto, a pesar de que Aquacrop no tenga la capacidad de predecir rendimientos en este tipo de cultivo, el modelo de simulación nos ayuda a comprender la limitación a la producción que supone la gestión sub-óptima del riego.

Por último, se presentan en la siguiente tabla (Tabla 9) los usos alternativos que se le puede dar al modelo de simulación Aquacrop tal y como se proponen en Fereres et al. (2012). En general, puede ser útil a la hora de comprender mejor las relaciones hídricas en los cultivos a nivel de parcela.

Tabla 9. Usos alternativos del software de modelización Aquacrop

- Desarrollo de programaciones de riego para cultivos y parcelas específicas
- Determinación de fecha óptima de plantación basada en análisis de probabilidad
- Desarrollo de funciones de producción y usarlas en sistemas de toma de decisiones
- Evaluación de los efectos de la densidad de plantación sobre rendimientos finales

4. Recomendaciones

Los resultados de este estudio deben ser compartidos y discutidos con los expertos de la cooperativa Del Cabo. Esto con el fin de averiguar si la percepción entre los científicos, expertos y productores sobre factores limitantes del rendimiento están en consonancia. Este estudio coincide con el de Fieten (2012) en señalar que las condiciones climáticas extremas y adversas en determinadas zonas de producción obstaculizan altos rendimientos. Además de esto, el presente estudio señala que existen otros factores limitantes importantes tales como MO baja, mala estructura del suelo, control ineficaz de la maleza, además de la incidencia de plagas y tizón temprano. En cuanto a la fertilidad del suelo, puede ser necesario un rediseño de los métodos existentes. A su vez, es evidente que hay un exceso de potasio mientras que hay una gran necesidad de invertir en la construcción de MO sin aumentar la salinidad. También debe llevarse a cabo un análisis de coste-beneficio para la introducción de tecnologías para la mitigación del calor y aumentar la capacidad de retención de agua como pueden ser diferentes técnicas de mulch y de sombreado.

En cuanto a los modelos de regresión del 2º componente, es evidente que el rendimiento semanal se correlaciona positivamente con las medidas de nitratos en savia peciolar tomadas de 7 a 9 semanas antes de la recolección. De esta manera, estos modelos parecen presentarse como herramientas útiles para la predicción de rendimientos semanales que podrían ser usados por el departamento de producción. Para que esto sea así es necesario que estos modelos sea calibrados, validados y por último personalizados a las condiciones particulares de cada zona productiva tal y como lo señala la agrupación jerárquica en el 1º componente. Esto daría lugar a modelos más robustos que permitirían un mejor ajuste de la producción con la demanda comercial de tomates cherry.

En cuanto al modelo de simulación Aquacrop, su uso permitiría el gerente de producción a ganar conocimiento de las diferencias entre las aplicaciones de agua y la demanda de agua por parte de los cultivos. De esta manera la gestión del riego se puede mejorar, se pueden reducir las pérdidas de N por lixiviación y los rendimientos finales pueden incrementarse.

5. Bibliografía

- Andersen, P. C., Rhoads, F. M., Olson, S. M. & Brodbeck, B. V. 1999. Relationships of nitrogenous compounds in petiole sap of tomato to nitrogen fertilization and the value of these compounds as a predictor of yield. *Hortscience*, 34, pp. 254-258.
- Castro, R.S., Borges Azevedo, C.M.S. & Bezerra-Neto, F. 2006. Increasing cherry tomato yield using fish effluent as irrigation water in Northeast Brazil. *Scientia Horticulturae*, 110, 1, pp. 44-50.
- Clark, M.S., Horwath, W.R., Shennan, C., Scow, K.M., Lantni, W.T. & Ferris, H. 1999. Nitrogen, weeds and water as yield-limiting factors in conventional, low-input, and organic tomato systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 73, 3, pp. 257-270.
- Da Silva, A.C., da Costa, C.A., Sampaio, R.A. & Martins, E.R. 2011. Evaluation of heat tolerance cherry tomato lines under organic production system. *Revista Caatinga*, 24, 3, pp. 33-40.
- Del Cabo, 2011. *The Del Cabo Story*. [online] Available at: <http://www.delcabo.com/?page=about_del_cabo_story> [Accessed 10 October 2012].
- FAOSTAT, 2010. *Food and Agricultural commodities production*. [online] Available at: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> [Accessed 15 November 2012].
- Fereres, E., 2012. Aquacrop applications. In: FAO Irrigation and drainage paper 66, Crop yield response to water. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Ch.3.2.
- Fieten, B. M. 2012. Yield prediction of organically cultivated tomato based on crop characteristics, a case study in Baja California, Mexico. MSc thesis, University of Wageningen.
- Gobierno de Mexico. (2012). *Normales Climatológicas por Estación*. [online] Available at: <http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75> [accessed 6 November 2012].
- Gomes Júnior, J., Da Silva, A.J.N., Silva, L.L.M., De Souza, F.T. & Da Silva, J.R. 2011. Growth and yield of cherry tomato as a function of the application of liquid biofertilizer and arbuscular mycorrhizal fungi. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 6, 4, pp. 627-633.

- Govaerts, B., Verhulst, N., Castellanos-Navarrete, A., Sayre, K.D., Dixon, J. & Dendooven, L. 2009. Conservation agriculture and soil carbon sequestration: Between myth and farmer reality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28, 3, pp. 97-122.
- Heuvelink, E. 1989. Influence of day and night temperature on the growth of young tomato plants. *Scientia Horticulturae*, 38, 1-2, pp. 11-22.
- Hochmuth, G.J. 1994. Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. *HortTechnology*, 3, pp. 218-222.
- Kirschbaum, M.U. 1995. The temperature dependence of soil organic matter decomposition, and the effect of global warming on soil organic C storage. *Soil Biology and Biochemistry*, 27,6, pp. 753-760.
- Landers, J., 2007. Tropical crop-livestock systems in conservation agriculture: The Brazilian Experience. In *Integrated Crop Management*, edited by FAO, 5, Rome: FAO.
- Lebart, L., Morineau, A. & Piron, M. 1995, Statistique exploratoire multidimensionnelle, Dunod, Paris.
- Liu, M., Liang, Z.-., Ma, H.-., Huang, L.-., Bi, J., Gu, X.-. & Wang, M.-. 2010. Application of sheep manure in saline-sodic soils of Northeast China 1-Effect on rice (*Oryza sativa* L.) yield and yield components. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8, 3-4, pp. 524-529.
- Locascio, S. J., Hochmuth, G. J., Rhoads, F. M., Olson, S. M., Smajstrla, A. G. & Hanlon, E. A. 1997. Nitrogen and potassium application scheduling effects on drip-irrigated tomato yield and leaf tissue analysis. *Hortscience*, 32, pp. 230-235.
- Medellin-Azuara, J., Mendoza-Espinosa, L.G., Lund, J.R., Ramirez-Acosta, R.J., 2007. The application of economic-engineering optimisation for wáter management in Ensenada, Baja California, Mexico. *Water science and technology*. Vol. 55(1-2), pp. 339-347.
- Moccia, S., Chiesa, A., Oberti, A. & Tittonell, P.A. 2006. Yield and quality of sequentially grown cherry tomato and lettuce under long-term conventional, low-input and organic soil management systems. *European Journal of Horticultural Science*, 71, 4, pp. 183-191.
- Niazi, B.H., Rozema, J., Zaman, B.U., Salim, M. 2002. Improvement of saline soil productivity through farm yard manure amendment and coated seeds for fodderbeet cultivation. *Asian journal of plant sciences*, 1, 2, pp. 82-84.

- Orman, S. 2012. Effects of elemental sulphur and farmyard manure applications to calcareous saline clay loam soil on growth and some nutrient concentrations of tomato plants. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 10, 2, pp. 720-725.
- Ould Ahmed, B.A., Inoue, M. & Moritani, S. 2010. Effect of saline water irrigation and manure application on the available water content, soil salinity, and growth of wheat. *Agricultural Water Management*, 97, 1, pp. 165-170.
- Renquist, A.R. & Reid, J.B. 2001. Processing tomato fruit quality: influence of soil water deficits at flowering and ripening. *Australian journal of agricultural research*, 52, pp. 793-799.
- Rhoads, F.M., Olson, S.M., Hochmuth, G.J. & Hanlon, E.A., 1996. Yield and petiole-sap nitrate levels of tomato with N rates applied preplant or fertigated. *Annual Proceedings Soil and Crop Science Society of Florida*, 55, pp. 9-12.
- Righi, E., Dogliotti, S., Stefanini, F.M. & Pacini, G.C. 2011. Capturing farm diversity at regional level to up-scale farm level impact assessment of sustainable development options. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 142(1-2), pp. 63-74.
- Scharenbroch, B.C. & Lloyd, J.E. 2006. Particulate organic matter and soil nitrogen availability in urban landscapes. *Arboriculture and Urban Forestry*, 32(4), pp. 180-191.
- Shepherd, M.A., Harrison, R. and Webb, J. 2002. Managing soil organic matter - Implications for soil structure on organic farms. *Soil Use and Management*, 18, pp. 284-292.
- Smeets, L. & Garretsen, F. 1986. Growth analyses of tomato genotypes grown under low night temperatures and low light intensity. *Euphytica*, 35, 3, pp. 701-715.
- Spargo, J.T., Cavigelli, M.A., Mirsky, S.B., Maul, J.E. & Meisinger, J.J., 2011. Mineralizable soil nitrogen and labile soil organic matter in diverse long-term cropping systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 90(2), pp. 253-266.
- Sullivan, D.M., Bary, A.I., Nartea, T.J., Myhre, E.A., Cogger, C.G. & Fransen, S.C., 2003. Nitrogen availability seven years after a high-rate food waste compost application. *Compost Science and Utilization*, 11(3), pp. 265-275.
- USDA, 2012. *Economic research service*. [online] Available at: <<http://www.ers.usda.gov/topics/natural-resources-environment/organic-agriculture.aspx>> [accessed 5 December 2012].

Valarini, P.J., Frighetto, R.T.S., Schiavinato, R.J., Campanhola, C., De Sena, M.M., Balbinot, L. & Poppi, R.J. 2007, "Integrated analysis of production systems of tomato with edaphobiological indicators", *Horticultura Brasileira*, vol. 25, no. 1, pp. 60-67.

Anejo A: Encuesta realizada a los 16 productores/agricultores seleccionados de la cooperativa Del Cabo



Encuesta de campo

Region: _____ Fecha: ____/____/____
Número de parcela: _____ Nombre del productor: _____
Lugar: _____ Entrenamiento del productor: _____
Tamaño de la parcela: _____ Ha
Cultivos principales: _____(Ha) _____(Ha) _____(Ha) _____(Ha)
Trabajo: Contratado: ____ JC Familia: ____ JC (JC= Jornada completa)

Número Identidad de la parcela: _____

Rotación de cultivos:

- Cultivo/Abono verde 2011: _____
- Cultivo/Abono verde 2010: _____
- Cultivo/Abono verde 2009: _____
- Cultivo/Abono verde 2008: _____

Gestión del cultivo:

- Fecha de plantación: ____/____/____
- Variedades Tomate: _____
- Espacio entre líneas: _____(cm) Espacio entre plantas en la línea: _____(cm)

Transplantes: Siembra Directa Vivero(en-granja) Bandejas(en-granja)

Tamaño Transplante: 15(cm)

Poda: __ # veces ____ ____ ____ semanas después de plantación

Entutorado: Emparrado Estacas Palos

Atado: __ # veces ____ ____ ____ semanas después de plantación

Cosecha : 1 # veces/semana Duración cosecha: 10 semanas

Manejo del suelo:

- Metodo laboreo primario: Subsolador y disca Fecha: ____/____/____
- Profundidad: 60 cm y 20 cm
- Preparación cama de siembra: _____ Fecha: ____/____/____
 - Ancho _____ Altura _____
 - Mantillo: Sin mantillo Plastico Otro:

Enmiendas orgánicas:

Aplic 1: Fecha: __/__/__ Material : _____ Fuente
: _____

- Cantidad: _____(kg/ha)

Aplic 2: Fecha: __/__/__ Material : _____
Fuente: _____

- Cantidad: _____(kg/ha)

Aplic 3: Fecha: __/__/__ Material : _____
Fuente: _____

- Cantidad: _____(kg/ha)

Aplic 4: Fecha: __/__/__ Material : _____
Fuente: _____

- Cantidad: _____(kg/ha)

Manejo de nutrientes

Selección del material y frecuencia de aplicación en base a:

- a) Disponibilidad del material fertilizante
- b) Coste y presupuesto de las operaciones
- c) Recomendación formal (citar fuente):
- d) Aplicación fijada según experiencia en la granja
- e) Específicas para cada campo en base a observaciones de campo y/o cosecha
- f) Específicas para cada cultivo en base a crecimiento actual/condiciones meteorológicas

Cuándo y porqué (no) hizo test de suelo

Cuándo y porqué (no) hizo test de plantas

Gestión de malas hierbas:

- Mecánica: __ # veces ____ ____ ____ semanas después de plantación
- Retirada a mano: __ # veces ____ ____ ____ semanas después de plantación

Gestión del riego:

Tipo de riego: ___ Goteo _____

Fuente (origen) del agua: Pozo, acuífero

Calidad del agua: _____

Gestión del riego en base a:

- a) Experiencia
- b) Instrucciones de Del Cabo
- c) Instrucciones (recomendaciones) locales
- d) Otro (especificar):

Programación de riego (cuándo):

- Fijo: ¿Qué días? _____ Aplic/semana
- Variable: _Estadío crecimiento _3 Condiciones meterológicas
- 3 Condiciones del suelo

Aplicación de riego (cuánto)

- Fijo: ¿cuánto agua/cuánto tiempo ?
 inch/aplicación
- Variable: _Estadío crecimiento _Condiciones meterológicas
 Condiciones del suelo

¿Cómo comprueba si ha regado demasiado o demasiado poco?

Dé un valor (de 1 a 5) a los siguientes factores de producción según lo limitantes que sean en términos de crecimiento del cultivo y cosecha final.

| | No limitante | | | | Muy limitante |
|----------------------------|--------------|---|---|---|---------------|
| Agua disponible | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Calidad de agua | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Estructura del suelo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Materia orgánica del suelo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Nitrógeno disponible(N) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Fósforo disponible (P) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Potasio disponible (K) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Manejo del suelo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Dé un valor según importancia de las plagas y enfermedades en su granja en términos de reducción del crecimiento y rendimiento del cultivo.

| | Nada | | | | Severo |
|----------------------|------|---|---|---|--------|
| Malas hierbas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Nemátodos | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Tizón | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Plagas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Otras (especifique): | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Ranking de sí mismo en el grupo de agricultores que suministran tomates a Del Cabo

| | Muy pobre | Debajo de la media | Medio | Encima de la media | Entre los principales |
|--|-----------|--------------------|-------|--------------------|-----------------------|
| Manejo del cultivo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Manejo fertilidad del suelo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Gestión de riego | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Gestión de malas hierbas/plagas y enfermedades | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Producción cultivo | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Costes de producción | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Ingresos netos por ha | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

Anejo B: Análisis del suelo realizado el 15 de octubre de 2011 en las cuatro parcelas estudiadas

Tabla C. Resultados del análisis de suelo

| | San Vicente (VMA) | Las Pozas (SAC) | Ojos Negros (OAP) | Santa Rosa (SAB) |
|-----------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| Profundidad (cm) | 0-30 | 0-30 | 0-30 | 0-30 |
| MO(%) | 0.705 | 1.01 | 0.54 | 0.575 |
| pH 1:1 | 7.46 | 6.14 | 7.24 | 7.05 |
| E.C. (mmhos/cm) | 3.2 | 3.385 | 3.79 | 5.31 |
| Análisis químico (ppm) | | | | |
| N-NO3 | 19.2 | 9.6 | 14 | 2.6 |
| P-PO4 | 27 | 25 | 67 | 17 |
| S-SO4 | 48.5 | 31.835 | 27.33 | 118 |
| Na+ | 175 | 135 | 140 | 275 |
| K+ | 255 | 435 | 245 | 160 |
| Ca++ | 5200 | 1655 | 1575 | 815 |
| Mg++ | 635 | 410 | 280 | 200 |
| Fe | 7.7 | 35.5 | 10.8 | 22.5 |
| Zn | 0.6 | 1.1 | 1.3 | 1.15 |
| Cu | 1.95 | 1.8 | 1.8 | 3.1 |
| Mn | 10.6 | 46.7 | 5.85 | 8.2 |
| B | 0.35 | 0.45 | 0.49 | 0.49 |
| Análisis físico (textural) | | | | |
| CEC (meq/100g) | 32.6 | 13.3 | 11.4 | 7.3 |
| Textura | Franco-Arenoso | Franco-Arenoso | Franco-Arenoso | Franco-Arenoso |
| Arcilla % | 32 | 9 | 18 | 10 |
| Limo % | 25 | 36 | 22 | 35 |
| Arena % | 43 | 55 | 60 | 55 |

Anejo C: Resultados de las encuestas

Tabla C.1. Resultados cuantitativos y cualitativos ordinales de las encuestas realizadas a los 16 productores de Del Cabo

| Productor | Sup. (Ha) | Rendimientos (T/Ha) | Dispo. | | | | MO * | Disp. N* | Disp. P* | Disp. K* | Gestión | | Nematodos * | Tizón temp. * | Plagas * |
|-----------|--------------|------------------------|-----------|------------------|-----------------------|--------|---------|----------|----------|----------|---------|---|----------------|---------------------|-------------|
| | | | Agua * | Calidad Agua* | Estructur a suelo* | Suelo* | | | | | M.H.* | | | | |
| SAB | 160,1 | 40,8 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | |
| SFB | 57,2 | 28,2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | |
| SAC | 50,9 | 31,6 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | 5 | |
| SGB | 102,5 | 34,9 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | |
| VJL | 4 | 28,0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | |
| MAP | 12 | 19,2 | 5 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | 1 | |
| SJB | 30 | 31,3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | |
| OSF | 39,4 | 27,6 | 1 | 1 | 4 | 3 | 4 | 5 | 1 | 1 | 4 | 3 | 3 | 2 | |
| SLB | 20 | 31,2 | 1 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | |
| OAP | 105 | 22,3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 | 3 | 2 | 5 | 4 | 3 | 4 | |
| ZGZ | 70,3 | 27,9 | 1 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 1 | 3 | 2 | 4 | 4 | |
| ZJS | 69,86 | 12,4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 1 | 1 | 5 | 3 | 4 | |
| ZJL | 16 | 30,3 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | |
| ODV | 9 | 22,9 | 1 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | |
| SMB | 11 | 36,8 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | |
| VMA | 40 | 22,9 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 | |

* Factores limitantes, donde 1 significa no-limitante y 5 extremadamente limitante.

Tabla C.2. Resultados cuantitativos y cualitativos ordinales de las encuestas realizadas a los 16 productores de Del Cabo

| Productor | Gestión cultivo ¹ | Gestión fertilidad suelo ¹ | Gestión riego ¹ | Gestión plagas, M.H. y enfermedades ¹ | Producción ¹ | Costes ¹ | Ingresos netos / Ha ¹ |
|-----------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|--|-------------------------|---------------------|----------------------------------|
| SAB | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 4 |
| SFB | 3 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| SAC | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| SGB | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| VJL | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| MAP | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| SJB | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| OSF | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| SLB | 5 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 4 |
| OAP | 4 | 4 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 |
| ZGZ | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| ZJS | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 |
| ZJL | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| ODV | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 5 | 2 |
| SMB | 5 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| VMA | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 |

¹ Resultados de la auto-evaluación, donde 1 significa considerarse el peor entre los productores y 5 el mejor.