

**ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS ESTACIONALES Y EFECTO DE LAS
DIFERENTES ZONAS SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES
EN HOJAS DE OLIVO (*OLEA EUROPAEA L.*) EN SAN JUAN.**

*Tesis presentada para optar al título de Magister de la Universidad de Buenos
Aires, área Producción Vegetal*

Candidato: Ing. Agr. Luis Anibal Bueno Grimalt

Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Agrarias 2002

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria
Estación Experimental Agropecuaria San Juan



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano
Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires

COMITÉ CONSEJERO

Director de tesis
Enrique Eduardo Sánchez
Ingeniero Agrónomo - Universidad Nacional del Sur
Ph.D - Oregon State University

Consejero de Estudios
Peter S. Searles
B. S. in Biology - University of Maryland.
Ph.D, Magister Scientae - Utah State University.

JURADO DE TESIS

Director de tesis
Enrique Eduardo Sánchez
Ingeniero Agrónomo- Universidad Nacional del Sur
Ph.D. - Oregon State University

JURADO
Mónica Beatriz Rodríguez
Ingeniera Agrónoma- FAUBA
MSc en Ciencias del Suelo- EPG-FAUBA
Doctora en Ciencias Biológicas- FCEYN- UBA

JURADO
Rubén Bottini
Ingeniero Agrónomo - Univ Nac de Rio Cuarto
Doctor en Ciencias Biológicas - Univ Nac de Rio Cuarto

Fecha de defensa de la tesis: 22 de Junio de 2010

AGRADECIMIENTOS.

- A mi director de tesis, Dr. Enrique Sánchez, por su valioso aporte para el desarrollo y corrección de este proyecto.
- A mi Co-director de tesis, Dr. Peter Searles por sus aportes metodológicos y revisión de texto.
- A los integrantes del jurado. Dr Rubén Bottini y Dra. Mónica Rodríguez por sus excelentes aportes al proyecto y texto de esta tesis.
- Mi reconocimiento al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria por fomentar la capacitación de su personal.
- Al director de la Estación Experimental San Juan de INTA Ing. Agr. (M. Sc.) Omar Miranda por su apoyo y permanente estímulo.
- Al coordinador del Proyecto Regional Olivícola, Ing Agr. Facundo Vita, por su apoyo para que este trabajo se lleve adelante y la posibilidad de difusión,
- Al personal de la EEA San Juan, en especial a los compañeros y amigos del Laboratorio de Suelo y Tejido Vegetal Ing. Agr. (M. Sc.) German Babelis y Tec. Qco. Pedro Gil.
- Al grupo de técnicos y productores que abrieron las puertas de sus establecimientos y aportaron sus datos para llevar a cabos este trabajo.
- A todas aquellas personas que, de una u otra manera, han participado en trabajo de campo y de gabinete, para alcanzar el logro de tan ansiada meta.

INDICE GENERAL

	Página
Capítulo 1 ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS ESTACIONALES Y EFECTO DE LAS DIFERENTES ZONAS SOBRE LOS CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN HOJAS DE OLIVO (OLEA EUROPAEA L.) EN SAN JUAN: ASPECTOS GENERALES Y ANTECEDENTES.	
1.1 – El olivo en el mundo	1
1.2 - La olivicultura en la Argentina.....	2
1.3 - Requerimientos edafológicos del cultivo	4
1.4 - Necesidades nutritivas del olivo.....	5
1.5 - Rol de las reservas en las plantas de olivo.....	8
1.6 - Concentración de nutrientes foliares	9
1.7 - Dinámica de nutrientes durante el año	13
1.8 - Características edafo-climáticas de San Juan (Valle del Tulum).....	15
1.9 – Hipótesis.....	16
1.9.1 – Hipótesis general	16
1.9.2 – Hipótesis específicas.....	17
1.10 – Objetivos.....	17
1.10.1 – Objetivo general	17
1.10.2 – Objetivos específicos.....	17
Capitulo 2. EVOLUCION DE LAS CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES FOLIARES PARA LA OLIVICULTURA INTENSIVA EN SAN JUAN: DETERMINACION DE LA EPOCA DE ESTABILIZACION Y VALORES DE REFERENCIA	
2.1 – Introducción.....	19
2.2 – Hipótesis y objetivos específicos	19
2.3 - Materiales y métodos.....	20
2.4 - Resultados y discusión.....	25
2.4.1- Evolución anual de la concentración de nitrógeno.....	25
2.4.2- Evolución anual de la concentración de fósforo.....	26
2.4.3- Evolución anual de la concentración de potasio.....	28
2.4.4- Evolución anual de la concentración de magnesio y sodio.....	29
2.4.5- Evolución anual de la concentración de manganeso	30
2.4.6- Evolución anual de la concentración de calcio.....	31

2.4.7- Evolución anual de la concentración de hierro.....	32
2.4.8- Evolución anual de la concentración de cobre y zinc.....	33
2.4.9- Evolución anual de la concentración de boro.....	34
2.4.10- Momento óptimo para muestreo foliar.....	35
2.4.11- Valores de referencia para la olivicultura intensiva en San Juan.....	37

Capitulo 3. INFLUENCIA DE LAS DIFERENTES ZONAS, ÉPOCA DE MUESTREO, AÑO DE PRODUCCIÓN, VARIEDAD Y PRODUCCIÓN SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES.

3.1 – Introducción.....	41
3.2 - Hipótesis y objetivos específicos	42
3.3 - Materiales y métodos.....	43
3.3.1 - influencia de las diferentes zonas sobre la concentración de nutrientes en hojas.....	43
3.3.2 - influencia de la época de muestreo, año de producción, variedad y producción sobre la concentración de nutrientes en hojas.....	46
3.4 - Resultados y discusión.....	48
3.4.1 - efecto de las diferentes zonas sobre la concentración de nutrientes en hojas.....	48
3.4.2 - efecto de la época de muestreo sobre la concentración de nutrientes en hojas.....	52
3.4.3 - efecto del año de producción sobre la concentración de nutrientes en hojas.....	53
3.4.4 - efecto de la variedad sobre la concentración de nutrientes en hojas.....	55
3.4.5 - efecto de la producción sobre la concentración de nutrientes en hojas.....	56

Capitulo 4

4.1 -Conclusiones.....	60
------------------------	----

Bibliografía.....	66
-------------------	----

INDICE DE TABLAS

	Página
<u>Tabla 1-</u> Extracción de nutrientes del suelo para 10.000 Kg ha ⁻¹ de producción...	6
<u>Tabla 2-</u> Comparación de las concentraciones de nitrógeno (N), potasio (K) y fósforo (P), valores totales absolutos de N-P-K y sus relaciones en distintas situaciones agroecológicas	11
<u>Tabla 3-</u> Dosis de fertilizante, riego y producciones de las 3 repeticiones.....	21
<u>Tabla 4-</u> Parámetros fisicoquímico de los análisis de suelos. Valores medios, máximos y mínimos correspondiente a las 15 fincas	24
<u>Tabla 5-</u> Comparación entre valores de referencias para N-P-K en hojas tomadas en el mes de julio en olivares adultos en el valle del Tulum	38
<u>Tabla 6-</u> Comparación entre valores de referencias para hojas tomadas en el mes de julio en olivares adultos en el valle del Tulum.	38
<u>Tabla 7-</u> Comparación entre valores de referencias para hojas tomadas en el mes de enero en olivares adultos en el valle del Tulum	39
<u>Tabla 8-</u> Valores de referencias para hojas tomadas en el mes de julio y enero en olivares adultos en el valle del Tulum	39
<u>Tabla 9-</u> Características de suelo y altitud (msm) de las cuatro zonas evaluadas.....	45
<u>Tabla 10-</u> Características climáticas de las cuatro zonas evaluadas	46
<u>Tabla 11-</u> Número de parcelas para cada variedad en cada época de muestreo.....	47
<u>Tabla 12-</u> Categorización según la producción promedio.....	48
<u>Tabla 13-</u> Valores medios para hojas tomadas en el mes de julio y enero para cada zona evaluada en el valle del Tulum	49
<u>Tabla 14-</u> Valores medios de nutrientes en hojas para cada zona evaluada, tomadas en el mes enero y julio en el valle del Tulum.....	51
<u>Tabla 15. -</u> Valores medios para hojas de olivo tomadas en el mes de julio y enero en el valle del Tulum	52
<u>Tabla 16-</u> Valores medios de nutrientes para hojas tomadas en el mes de julio y enero, comparando los años de carga y descarga	54
<u>Tabla 17-</u> Análisis de la varianza comparando variedades, años e interacción entre ambas variables. Época de muestreo mes de julio.....	55
<u>Tabla 18-</u> Análisis de la varianza comparando variedades, años e interacción entre ambas variables. Época de muestreo mes de enero.....	56

<u>Tabla 19-</u> Valores medios para hojas tomadas en el mes de julio para los 7 niveles de producción.....	58
<u>Tabla 20-</u> Valores medios para hojas tomadas en el mes de enero para los 7 niveles de producción	59
<u>Tabla 21-</u> Valores medios de K en hojas para años de diferente carga, tomadas en el mes enero en el valle del Tulum	63

INDICE DE FIGURAS

	Página
<u>Figura 1-</u> Distribución geográfica de las 15 fincas evaluadas en el Valle de Tulum.....	22
<u>Figura 2-</u> Evolución anual de la concentración de NITROGENO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante.....	25
<u>Figura 3-</u> Evolución anual de la concentración de FOSFORO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante	27
<u>Figura 4-</u> Evolución anual de la concentración de POTASIO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante.	28
<u>Figura 5-</u> Evolución anual del contenido de SODIO y MAGNESIO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante.	30
<u>Figura 6-</u> Evolución anual de la concentración de MANGANESO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante.	31
<u>Figura 7-</u> Evolución anual de la concentración de CALCIO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante.	32
<u>Figura 8-</u> Evolución anual de la concentración de HIERRO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante.	33
<u>Figura 9-</u> Evolución anual de la concentración de COBRE y ZINC en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante.	34
<u>Figura 10-</u> Evolución anual de la concentración de BORO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante.	35
<u>Figura 11-</u> Imagen Satelital de la Provincia de San Juan, Zona de evaluación dentro del Valle de Tulum.....	44
<u>Figura 12-</u> Distribución geográfica de las 4 zonas evaluadas en el Valle de Tulum.....	45

DECLARACIÓN

“ Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original, producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no lo he presentado, en forma parcial o total, como una tesis en ésta u otra institución.”

RESUMEN

Para que el análisis foliar cumpla con su rol de método de diagnóstico nutricional es necesario determinar el momento adecuado de muestreo y ajustar los rangos nutricionales bajo condiciones locales ya que las características agroclimáticas y el manejo del cultivo de una zona pueden marcar diferencias en la concentración de nutrientes en las hojas. Con el propósito de proponer valores de referencia de concentración de nutrientes en hoja de olivo (*Olea europaea* L.) en el Valle del Tulum, San Juan, se estudió el patrón estacional de la concentración mineral en las hojas y su posible variación debido a los efectos ambientales, varietales y de manejo durante cuatro años. Las tendencias en la evolución de las concentraciones en hoja de los principales nutrientes marcaron altas concentraciones de N en los meses de otoño, para luego disminuir hasta los meses de inicio del ciclo vegetativo, y mínimas concentraciones de P y K en los meses de primavera, aumentando hasta el mes de enero, para luego disminuir a lo largo del ciclo hasta la brotación del próximo ciclo. Se identificó al período previo a floración, que en la zona evaluada corresponde al mes de octubre como el momento óptimo para extraer muestras foliares aunque para utilizar este momento de muestreo será necesario el desarrollo de valores de referencia. Por lo tanto se concluyó que los valores medios obtenidos de cada nutriente en el muestreo de invierno pueden ser tomados, por el momento, como valores estándar ya que poseen un rango pequeño de variación y pueden ser considerados como estables. Al evaluar las variables que influyen sobre la concentración de nutrientes en las hojas se hallaron diferencias estadísticas significativas para zona, variedad, producción y año de alternancia en la producción (vecería). Los resultados obtenidos proveen información importante para el manejo de la fertilización en nuevas regiones de producción de San Juan donde el clima y el suelo difieren de los de la Cuenca del Mediterráneo, lugar donde se efectuaron la mayoría de los estudios.

Palabras claves: Análisis foliar, Momento óptimo de muestreo, Estado nutritivo, Valores de referencia, Olivo.

ABSTRACT

For a foliar analysis to fulfill its role as a method of nutritional diagnosis, it is necessary to determine the optimal timing for sampling and to adjust the range of nutrient concentrations to local conditions because agroclimatic characteristics and crop management can lead to differences in nutrient concentrations. With the objective of proposing foliar nutrient concentration reference for olive (*Olea europaea* L) in the Valley of the Tulum, San Juan, the seasonal changes in foliar mineral concentration were studied for four years along with their possible variation due to environmental effects, variety, and crop management. There was a trend for N with high concentrations in the autumn months with decreasing values towards the beginning of the vegetative cycle. Minimum and maximum concentrations of P and K were found in the spring and summer, respectively. Data showed that sampling should be done in the period prior to flowering, which would correspond to the month of October, Unfortunately reference values are not available for that period Therefore, it was concluded that the average values obtained for each nutrient during the winter sampling can be used, for the moment, as standard values since nutrient concentration shows little variation and can be considered to be stable at this time. When we evaluated the variables that influenced foliar nutrient concentrations significant differences were found for zone (i.e., geographical area), variety, yield, and year during the alternate-bearing cycle. The results provided important information for fertilization management in new production areas of San Juan where the climate and soil differ from those of the Mediterranean Basin and where the majority of previous studies have been conducted.

Key words: Leaf analysis, Optimum sampling time, Critical nutrient level, Olive tree

CAPITULO 1

ANÁLISIS DE LOS CAMBIOS ESTACIONALES Y EFECTO DE LAS DIFERENTES ZONAS SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES EN HOJAS DE OLIVO (*OLEA EUROPAEA L.*) EN SAN JUAN: ASPECTOS GENERALES Y ANTECEDENTES.

1.1) EL OLIVO EN EL MUNDO

El olivo, (*Olea europaea L.*), es originario de la región geográfica que va desde el sur del Cáucaso hasta las altiplanicies de Irán, Palestina y la zona costera de Siria. Se expandió por Chipre hacia Anatolia y, a través de Creta, hacia Egipto, hasta poblar todos los países ribeños del Mediterráneo (Civanto; 1998). Con el descubrimiento de América pasó y se extendió en el nuevo mundo y, en la actualidad, se cultiva también en Sudáfrica, China, Japón y Australia. Los países productores se concentran entre las latitudes 30° y 45°, tanto en el hemisferio norte como en el sur, en regiones climáticas del tipo mediterráneo, caracterizadas por un verano seco y caluroso (Civanto; 1998). El patrimonio olivícola existente a nivel mundial se estima en aproximadamente 820 millones de plantas, de las cuales unas 808 millones –el 98% del total- se sitúan en los países de la Cuenca Mediterránea, ocupando una superficie de 8,2 millones de hectáreas (Civanto; 1998). De éstas solo se encuentran irrigados o con algún tipo de riego complementario unas 50 millones de plantas, el resto en secano.

Por otra parte, la producción del olivar alcanza una media anual del orden de 10 millones de toneladas de aceitunas, de las cuales el 90% se destinan a la obtención de aceite mientras el restante 10% se consume elaborado como aceitunas de mesa. El primer productor es España, que concentra el 30 % de la producción mundial, el segundo es Italia con el 20%, tercero Grecia con el 15%, cuarto Turquía con el 12% y, posteriormente Siria, Maruecos, Túnez, Egipto y Portugal, con producciones menores al millón de toneladas. Estos nueve países producen en su conjunto el 92% de las aceitunas a nivel mundial (FAO, 2004).

1.2) LA OLIVICULTURA EN LA ARGENTINA

Las provincias que tenían mayor superficie con olivos a principios de la década del 90 en la Argentina eran Mendoza, San Juan y Córdoba, contaban con un total de 29.500 ha de olivos en producción. La producción nacional promedio rondaba las 140.000 t de aceitunas de las cuales 36% se destinaba a la industria de conserva y 64% restante a la de extracción de aceite (SAGPyA, 2004).

En los últimos quince años la actividad olivícola creció notablemente a tal punto que en pocos años, la Argentina se convirtió en el principal productor de América del Sur. La superficie con olivos aumentó en catorce años, de 20.803 ha a 72.772 ha. (INDEC, 1988 y 2002). Dicha superficie representa cerca de 14 millones de plantas de olivos, de las cuales 67,3% corresponden a plantaciones con destino a aceite y 32,7 % se utilizan para la elaboración de aceitunas en conserva. En general se mantiene la tendencia al aumento de las cantidades destinadas a aceite de oliva, aunque la gran mayoría de los productores y empresas no integradas a la industria prefieren variedades doble propósito.

El cambio en la estrategia de producción para adecuarse a los nuevos mercados y la tecnificación de los sistemas de producción, posibilitaron el aumento de la superficie implantada y la obtención de mayores rendimientos promedio, modificando la distribución de las regiones productoras del país.

El actual panorama del olivo fue el resultado de nuevas perspectivas en el mercado externo y determinadas condiciones en Argentina. Por un lado, aumentaron significativamente los precios internacionales del aceite de oliva, hubo una reducción sostenida de la producción en la cuenca del Mediterráneo y la Unión Europea se comprometió a reducir los subsidios a la producción. Además se implementó en el país la Ley N°22.021 de diferimientos impositivos, que promovió emprendimientos productivos en determinadas zonas (San Juan, Catamarca, La Rioja y en algunos departamentos de Mendoza), principalmente de olivo y vid. Por estas razones, el cultivo del olivo se ubicó en una situación de privilegio frente a otras demás alternativas productivas de la Argentina.

El cultivo del olivo presupone una inversión inicial alta y un periodo prolongado de recupero, por lo que ésta ley N°22.021 de diferimientos impositivos promovió la plantación de olivares en regiones donde anteriormente resultaba prohibitivo. Así, ingresaron al circuito productivo del olivo valles áridos de La Rioja, Catamarca y San Juan, zonas marginales con una pluviometría inferior a 300 mm anuales (SAGPyA, 2004).

Con el aumento de la superficie implantada, se modificó la importancia relativa de cada provincia. En el país hay cinco provincias con las características agroclimáticas que más se adaptan al cultivo y en el año 2002, representaban el 96% de las hectáreas con olivares del país. Dentro de este grupo, las provincias promocionadas con la ley de diferimientos se posicionaron en los tres primeros lugares, desplazando a Mendoza y Córdoba, Las cuales en los '90 contaban con más del 60% de la superficie argentina con olivares. El primer lugar lo ocupa La Rioja con el 28,2%, le sigue Catamarca, San Juan y Mendoza con porcentajes cercanos al 20%. Córdoba participa con un 5% y es la única de las provincias en la que, según la superficie, la producción de olivo mostró un retroceso (INDEC, 2002)

La SAGPyA (2004) según los compromisos de los diferimientos prevé que para el año 2010, Argentina contaría con 115.000 ha de olivares de los cuales más de 60.000 ha corresponderían a plantaciones de alta densidad manejadas con las más avanzadas técnicas de cultivo. En este caso, se modificaría la importancia relativa de cada provincia, aunque las mismas provincias ocuparían los cuatro primeros lugares.

El panorama nacional indica una gran concentración productiva en torno a pocas variedades. El 40% de la superficie implantada con cultivares destinados a aceite corresponden a la variedad Arbequina (típicamente aceitera). Le siguen en importancia: Frantoio, Picual (aceiteras también) y Empeltre (doble propósito pero con muy buenas características aceiteras). Se destacan como promisorias Coratina y Barnea (doble propósito). También se ofrecen en el mercado nacional del aceite las variedades Manzanilla, la tradicional Arauco (ambas típicamente conserveras), Changlot Real y Leccino (doble propósito y aceitera respectivamente).

Argentina cuenta actualmente en la mayor parte de la superficie ocupada con olivares con montes puros y cuadros monovarietales, lo cual posibilita la entrada a mercados internacionales que demandan productos de calidad, acorde a las normas del COI (Consejo Oleícola Internacional). Esto ocasiona un cambio importante en la estrategia de producción nacional, en la que se prioriza la variedad y calidad de los productos.

El porcentaje de producción primaria de aceitunas destinada a aceite de oliva en los años '90 era de 60%. En la actualidad, esos volúmenes representan el 70% y estiman que ese porcentaje continuará creciendo, aunque por las características del mercado de la aceituna de mesa, estarán alejados de la relación 10/90 generalizada en el mundo. (SAGPyA, 2008)

1.3) REQUERIMIENTOS EDAFOLOGICOS DEL CULTIVO

El cultivo del olivar ocupa una vasta diversidad de suelos. Las características físicas que afectan al desarrollo radical del olivo son la textura, la profundidad y las condiciones de aireación. El olivo prefiere los suelos de texturas francas, éstas suministran una aireación y permeabilidad adecuada para el crecimiento radical. Los suelos de texturas más arenosas no retienen el agua suficiente para el cultivo de secano; aunque pueden ser excelentes para el olivar de regadío, especialmente si se fertilizan de acuerdo a su escasa capacidad de retención de nutrientes. Debido al sistema radical superficial del olivo, los suelos de 1,2 metros o más de profundidad útil resultan muy convenientes para su cultivo. Las raíces del olivo son muy sensibles a la anoxia radicular, provocada por baja infiltración del suelo o napas freáticas cercanas a la superficie (Navarro; 1998).

Con respecto a las características químicas del suelo para una óptima producción del olivar, hay que tener en cuenta el pH, cuyos valores recomendables se ubican entre 5,5 (moderadamente ácidos) y 8,5 (moderadamente básicos), la salinidad con un óptimo de conductividad eléctrica menor a 4 dS/m, y por último bajas concentraciones de sodio, boro y cloruros (Navarro; 1998).

1.4) NECESIDADES NUTRITIVAS DEL OLIVO

Para algunas prácticas de manejo fundamentales como la nutrición mineral, no existen suficientes antecedentes a nivel mundial, tal vez debido a que el olivo es considerado una especie rústica, de gran adaptabilidad a condiciones marginales de suelo y que requiere baja disponibilidad de agua. Sin embargo, plantaciones comerciales modernas de elevado costo de implantación, con producciones promedio de 10 t/ha, requieren un manejo intensivo que dista mucho de las viejas plantaciones de olivo en la región del Mediterráneo, en las cuales los rindes se reducen a 1,5 t/ha. En plantaciones intensivas, es imperioso entonces, conocer los períodos fisiológicos de mayor absorción y demanda de nutrientes en olivo (Gisper Folch, 2005) ya que los árboles deben nutrirse de aquellos minerales esenciales en el momento adecuado y en la cantidad requerida. Es aquí donde el diagnóstico nutricional adquiere una importancia relevante para asegurar una alta producción y buena calidad de producto sin provocar desequilibrios fisiológicos.

Si bien las plantas necesitan de los mismos elementos nutritivos que normalmente encuentran en la solución de suelo, existen diferencias sustanciales en los requerimientos entre especies. Además, las plantas perennes y leñosas como el olivo, se diferencian de las anuales en que aquellas permanecen vivas durante mucho más tiempo, por lo que deben disponer de órganos de reserva que le permitan sobrevivir incluso bajo condiciones desfavorables. Cuando la oferta nutricional excede la demanda del cultivo, las plantas perennes almacenan nutrientes en sus órganos de reserva para su posterior utilización.

La planta de olivo no tiene una raíz pivotante. Aún en plantas pequeñas las raíces principales casi invariablemente siguen los canales de fertilidad del suelo y las raíces laterales crecen rápidamente. En estado adulto, la planta tiene un potente y extenso sistema radical en sentido horizontal confinado principalmente al primer metro de suelo excediendo el área de proyección de las partes aéreas y explorando normalmente hasta unos 17 m³ de suelo (Dichio et al; 2002). En cambio, en los cultivos regados por un sistema presurizado las raíces se concentran en el bulbo mojado. En ambos casos los principales puntos de

absorción se localizan cerca del tronco y en el extremo de las raíces principales, siempre en los primeros 30 cm de profundidad del suelo (Fernández et al; 1991).

La información que se presenta en la tabla 1 es muy importante para cuantificar la extracción de nutrientes del suelo y necesarias para la producción y la formación de los nuevos crecimientos como hojas, ramas y flores. Numerosos autores han cuantificado las extracciones totales y exportaciones por hectárea o árbol, encontrándose una gran variabilidad en la información.

Tabla 1. Extracción de nutrientes del suelo para 10.000 Kg ha⁻¹ de producción según investigaciones en distintas zonas del mundo.

Nutriente (Kg ha ⁻¹)	Gross A. et al. (1992) (España)	González M. (1992) (Argentina)
Nitrógeno	150	160
Fósforo	18	47
Potasio	165	170
Nutriente (Kg ha ⁻¹)	Guerrero G. (1997) (España)	Domínguez V. (1992) (España)
Nitrógeno	54	160
Fósforo	4	17
Potasio	56	160

Independientemente de los valores obtenidos en cada estudio, se puede apreciar que el nitrógeno y el potasio son los dos nutrientes más demandados por el cultivo.

Los resultados obtenidos en un ensayo en Potenza, Italia, clima continental semiárido con plantas de 3 años de edad del cv "Coratina" (Palese et al. 1997) indicaron que la absorción total de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio fue de 95, 9, 115, 90 y 15 gr/planta respectivamente. A partir de estas extracciones, lo exportado con el fruto representó aproximadamente el 28, 26, 22, 2 y 6% del total neto absorbido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, y el exportado por el material de poda el 33, 32, 34, 54 y 42% respectivamente.

En plantaciones comerciales donde se persigue un alto rendimiento por hectárea es imprescindible recurrir a la incorporación de nutrientes,

principalmente nitrógeno. Este nutriente es el aplicado en mayor dosis, máxime si se tiene en cuenta que los suelos donde se cultiva el olivo corresponden a zonas mayoritariamente áridas con suelos que presentan bajos niveles de materia orgánica.

Tradicionalmente, los planes de fertilización se aplican sin tener en cuenta las características edáficas de la zona. Los manejos de fertilización generalizados, con dosis de aplicación de fertilizantes casi constantes año a año no son eficientes debido a que se pueden generar zonas del cultivo sub y sobre fertilizadas. En las zonas sub-tratadas no se podrían alcanzar niveles óptimos de producción mientras que en las sobre-tratadas puede haber alto riesgo de contaminación del ambiente y de un aumento de los costos de producción por aplicar fertilizante en exceso (Lopez-Granados et al., 2004).

Las necesidades nutritivas de un olivar dependa de su edad, principalmente en los primeros años luego de la plantación, tal como lo confirman Nieto et al. (2006b) quienes no observaron diferencias significativas en la concentración foliar de nutrientes entre grupos de árboles de 20-40 años y 60-100 años, mientras que estos dos grupos se diferenciaron de plantas de menos de 10 años.

De la misma forma, el genotipo tiene influencia sobre las necesidades nutritivas. Esto se observa en trabajos como el de Jordao y Centeno (1999) quienes informaron la existencia de cultivares con composiciones minerales a nivel foliar similares pero producciones diferentes, como así también cultivares con producciones diferentes y composiciones similares. Asimismo, al comparar las concentraciones foliares de dos variedades Marcelo et al. (2008) percibieron diferencias entre ellas, y señalaron que estos contrastes dependieron de la época de muestreo.

En Argentina se dispone de escasa información publicada sobre esta temática, en primer lugar se buscaron los valores estándar en la provincia de Mendoza para olivos con manejo tradicional (Nijensohn y Maffei, 1996), y en segundo lugar se determino la época de estabilización de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en hojas de olivos, ubicados en el Valle Central de la Provincia de

Catamarca (Bravo et al., 2005). En este último trabajo solo se analizaron las concentraciones foliares desde noviembre a julio, dejando los meses de agosto a octubre sin analizar. Ninguno de los dos trabajos aportan la información necesaria para determinar el momento más adecuado de muestreo para el olivar de regadío. Esto obligó a tomar paquetes tecnológicos de los países del Mediterráneo sin adaptación para las condiciones climáticas y edáficas locales. Asimismo, resulta esencial conocer las necesidades nutritivas de las plantas y los momentos de mayor demanda del cultivo para que la práctica de reposición de nutrientes al suelo sea lo más eficiente posible. El nitrógeno y potasio, como se enfatizara, son los elementos nutritivos que se requieren en mayores cantidades por las plantas de olivo, por lo que han constituido una de las deficiencias más comunes en nuestra área de estudio (González et al., 1974). Otra carencia usual debido al pH básico de nuestros suelos es la de magnesio, como así también, problemas de toxicidad provocadas por cloruro, sodio o boro (Vita Serman et al., 2005).

1.5) ROL DE LAS RESERVAS EN LAS PLANTAS DE OLIVO

En las especies frutales, principalmente de hoja caduca, las reservas acumuladas en órganos perennes como tronco y raíces cumplen un papel fundamental. En primavera, parte de estas reservas (ya sean de hidratos de carbono o mineral) son invertidas en la construcción de hojas nuevas. En cambio, en especies siempre verdes como el olivo, la hoja pasa a ser un importante órgano de reserva en el periodo de receso invernal.

Las reservas de hidratos de carbono provienen de los asimilados producidos por la fotosíntesis mientras que las reservas minerales provienen de la absorción por las raíces, fertilizaciones y removilización mineral durante la senescencia.

Mientras que en árboles de hoja caduca, al fin del otoño, se produce un transporte de formas orgánicas y minerales desde las hojas a los órganos de reserva (ramas, troncos y fundamentalmente raíces), en árboles con hojas persistentes hay indicios que dicho transporte ocurre, pero en menor proporción.

Tal como demostraron Klein y Weinbaum (1984) y Cheheb et al. (2008), las hojas de olivo constituyen un importante órgano de reserva con la capacidad, ya que al tener una área foliar alta al principio de la primavera, pueden particionar fotoasimilados y nutrientes directamente a los frutos sin la necesidad de que parte de las reservas sean invertidas en la construcción de hojas nuevas. Así mismo, esta característica de redireccionar los excesos a otros órganos de reserva, limita la posibilidad de encontrar niveles de exceso o toxicidad de nutrientes en hojas, como lo observaron Molina y Fernandez (2008) para nitrógeno. Esta particular característica fisiológica del olivo motiva que la intensidad de absorción mineral por las raíces y la movilización de las reservas difieran respecto de una especie de hoja caduca.

1.6) CONCENTRACION DE NUTRIENTES FOLIARES

Uno de los métodos de diagnóstico nutricional en especies frutales de reconocimiento generalizado es el análisis foliar (Bould, 1966). Éste ofrece la posibilidad de determinar los requerimientos nutritivos, siempre y cuando se determinen los umbrales bajo condiciones locales (Michelakis, 2002). Para el cultivo de olivo la técnica de análisis foliar fue desarrollada por Bouat et al. (1960), quien fijó normas de muestreo para esta especie en el sur de Francia y determinó los niveles óptimos de nitrógeno, fósforo, potasio y la relación entre estos tres elementos. De dichas relaciones surgieron los llamados “equilibrios fisiológicos” donde los autores quisieron expresar el concepto de balance nutricional al menos, entre los 3 macroelementos. Esta relación entre N:P:K también ha sido motivo de estudio de otros autores. Al comparar árboles con óptima productividad de diferentes zonas (tabla 2), se observa una variación de los valores absolutos de N-P-K. En cambio, los equilibrios entre estos elementos son similares para las diferentes zonas, excepto en el estadio de endurecimiento del endocarpo según lo informado por Failla et al. (1997). Esta variación está dada por el elevado valor estándar de K propuesto por este autor, el cual modifica la relación entre los elementos observándose menor proporción de N y mayor de K.

Por otra parte, existen estudios que muestran variaciones entre los valores absolutos de cada nutriente, entre los que se destacan los efectos

asociados al clima y variedad (Jordao y Centeno, 1999), la salinidad (Tabatabaei, 2006), fertilidad y características físicas de suelo (Ben Rouina y Trigui, 2002; Nieto et al., 2006b), técnicas de cultivo como es la fertilización (Fernández-Escobar et al., 1994) y estrés hídrico (Gerampinis, 2008).

De estos trabajos se desprende que, podrían encontrarse en una zona árboles en producción normal, con valores nutritivos correspondientes a árboles no productivos de otras regiones. Por lo tanto resulta necesario realizar estudios en nuevas regiones de producción como San Juan donde el clima y las características de sus suelos difieren de los de la cuenca del Mediterráneo, donde se efectuaron la mayoría de las investigaciones citadas.

Tabla 2. Comparación de las concentraciones de nitrógeno (N), potasio (K) y fósforo (P), valores totales absolutos de N-P-K y sus relaciones en distintas situaciones agroecológicas.

	Concentración foliar %			Total N:P:K	Relaciones N:P:K			Época de muestreo
	N	P	K		N	P	K	
Bouat (1960)	2,1	0,15	0,83	3,08	68	5	27	Reposo invernal
Nijensohn et al. (1996)	1,9	0,11	0,88	2,89	65.5	3.5	31	
Failla et al. (1997)	1,93	0,13	0,78	2,84	68	4	28	
Nieto et al. (2006b)	1,63	0,1	0,85	2,58	63	4	33	Endurecimiento del endocarpo
Freeman et al. (1994)	1,75	0,2	0,8	2,75	63	7	30	
Failla et al. (1997)	1,95	0,14	1,32	3,37	58	4	38	

La carga frutal es otro de los factores que influyen en la composición nutricional de las hojas. El olivo posee una fuerte alternancia en la producción que puede influir en la concentración y consumo anual de nutrientes (Fernández-Escobar et al., 1999; Nieto et al., 2006b), como ya se conoce para el cultivo de pistacho (*Pistachia vera*) (Rosecrance et al., 1998). Hay autores como Sibbet y Ferguson (2002) que demostraron en olivares de California que las concentraciones foliares de nitrógeno y boro no son modificados por la carga, mientras que el K si lo es. Por otro lado, en Turquía Soyergins et al. (2002) observaron en la región de Marmara que las concentraciones foliares de potasio, zinc y boro disminuyeron en los años de mayor producción. Este mismo autor al analizar olivares en una región diferente de Turquía (Soyergins, 2002) concuerda con Fernández-Escobar et al. (1999) en España quien observó en los años de baja carga la concentraciones foliares de nitrógeno, fósforo y potasio son mayores, al igual que en pistacho y citrus.

La concentración de nutrientes foliares varía con la edad de las hojas hecho que se relaciona con el estado fenológico alcanzado (Fernández Escobar, 1998). Numerosos estudios que abordan la nutrición del olivar manifiestan que la concentración foliar de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) disminuye significativamente en la primavera y verano después del cuaje de los frutos (Bouat, 1960; Fernández-Escobar et al., 1999; Nieto et al., 2006a). Durante el endurecimiento del endocarpo, los niveles de estos macro nutrientes son relativamente estables, pero siguen disminuyendo durante la próxima fase de crecimiento de los frutos (elongación rápida de las células). Dicho comportamiento indicaría una fuerte demanda de estos elementos, en primer lugar por la brotación, luego por la floración y por último por el desarrollo del fruto (Connell et al., 2002; Nieto et al., 2006a). Luego, a diferencia de los frutales de hoja caduca, los tenores de nitrógeno y fósforo aumentan hasta el período invernal, época de escasa demanda, durante el cual se mantienen estables hasta el próximo ciclo. Estos estudios si bien permiten inferir cuáles son los períodos de mayor demanda y marcar tendencias no permiten confeccionar un programa de fertilización porque carecen de valor diagnóstico.

Desde el punto de vista de un uso eficiente de fertilizantes es imperioso predecir respuestas al agregado de nutrientes pero para ello se debe contar con

un método de diagnóstico confiable que refleje el estado nutricional de las plantas. Lamentablemente, para olivo los métodos de diagnóstico nutricionales no han avanzado lo necesario existiendo frecuente discrepancias entre los escasos trabajos de investigación que tratan la problemática

En las especies leñosas no sólo las hojas representan al tejido vegetal a muestrear con fines de diagnóstico nutricional. Por ejemplo para pera (*Pyrus communis* L.) y durazno (*Prunus persica*), el análisis de flor se utiliza como método alternativo de diagnóstico para determinar con anterioridad el estado nutritivo de la planta (Sanz y Montañez; 1995). En cambio, en el cultivo de olivo este tipo de tejido no constituye una buena opción para el diagnóstico, al no encontrarse correlaciones entre los análisis foliares en reposo invernal y la concentración de nutrientes en el brote floral en 5 etapas de su desarrollo (Fernández-Hernández et al., 2007).

1.7) DINÁMICA DE NUTRIENTES DURANTE EL AÑO

En Argentina, y más específicamente en la zona olivícola, el manejo nutricional ha sido relegado por falta de estudios locales en muchos casos que conduzcan a dilucidar los requerimientos nutricionales, como así también, debido a las divergencias en la información a nivel mundial. Para diagnosticar el estado nutricional en olivos de secano en la cuenca mediterránea, tradicionalmente se ha recomendado realizar el muestreo de hojas durante un período bien definido como es el reposo invernal, el cual se prolonga durante cuatro meses (Bouat, 1960; Ferreira et al., 1986; Ben Rouina y Trigui, 2002). Sin embargo, otros autores señalan que en el reposo invernal las curvas de evolución de nutrientes en hojas tomadas de árboles bien nutridos y con deficiencias nutricionales, tienden a converger conforme progresa el ciclo anual (Chapman, 1966). Por lo tanto no estarían indicando el verdadero estado nutricional de las plantas al minimizar la diferencia entre los niveles adecuados y deficientes.

Contrariamente, los investigadores californianos al igual que trabajos españoles en olivares bajo riego han recomendado el muestreo en el verano (Freeman et al., 1994; Nieto et al., 2006a), durante el período llamado

esclerificación del endocarpo. En este período es posible observar las mayores diferencias en el contenido de nutriente en hojas, entre plantas bien nutridas y con síntomas de deficiencias. Aunque desde el punto de vista práctico no es un momento sencillo para determinar y de muy corta duración. En nuestra zona el muestreo de enero se toma al extrapolar el mes de julio donde se produce el endurecimiento de carozo en los trabajos realizados en el hemisferio norte. Es por ello que lo ideal es realizar un seguimiento de las fases fenológicas de olivo, hasta llegar a determinar el momento de endurecimiento de carozo para cada variedad y zona del valle del Tulum. Como así también realizar un estudio para lograr obtener valores de referencia para tal etapa de crecimiento del fruto.

Otros estudios realizados en la zona toscana de Italia concluyen que la época menos susceptible a la variabilidad producida por los factores meteorológicos es el reposo invernal (Failla et al., 1997). Estos datos aparecen muy correlacionados con las dos épocas que la anteceden a este ciclo (envero y endurecimiento del endocarpo). En cambio, el muestreo en floración parece ser el más indicado para poner en evidencia problemas nutricionales relativos a los elementos poco móviles, es decir aquellos que son poco reciclados entre un período vegetativo y otro. Por lo tanto, propone como práctica rutinaria dos muestreos anuales, de invierno y floración, cuya información será complementaria entre ellos. El primero, aunque sujeto a una variabilidad inducida por el año, es útil para diagnosticar el estado nutricional en un momento bastante crítico para la fisiología de la planta y la productividad del olivar. El segundo evidenciaría mejor la estabilidad respecto a las perturbaciones estacionales, las carencias y excesos nutricionales para la temporada siguiente.

Por otro lado algunos autores han estudiado la evolución anual del contenido en nutrientes en hojas para entender mejor aspectos fisiológicos de la nutrición e interpretación de análisis foliares (Prevot y Buchmann, 1960; Failla et al., 1997; Fernández Escobar et al., 1999). Entre ellos existen ciertas discrepancias, fundamentalmente para el N y B, surgiendo dudas razonables sobre la fecha más adecuada para el análisis foliar, especialmente en el olivar de regadío, cuyas altas producciones y altas demandas nutritivas obligan a realizar un diagnóstico más preciso para una correcta programación de la fertilización (Pastor, 2005). Los patrones en la dinámica anual de nitrógeno, potasio y boro

se comportan similares para años de alta carga de fruta y descarga (baja producción) (Sibbet y Ferguson , 2002)

1.8) CARACTERÍSTICAS EDAFO-CLIMÁTICAS DE SAN JUAN (VALLE DEL TULUM).

El Valle del Tulum es el valle principal de la provincia de San Juan. Ocupa la región centro sur de la misma, con 66.200 ha cultivadas de un total de 70.419 ha cultivadas en la provincia. Es por esto que constituye el área de mayor significación agrícola económica en el cual se encuentran aproximadamente 14.000 ha de olivos implantadas (INDEC, 2002).

El valle se encuentra a 640 m.s.n.m y se caracteriza por presentar un régimen climático árido tipo desértico, con una marcada continentalidad. Las precipitaciones tienen un régimen de tipo estival con valores medios anuales que no sobrepasan los 100 mm de precipitación. La región se caracteriza por una gran amplitud térmica anual con temperaturas máximas absolutas que superan los 45°C, mientras que las mínimas absolutas varían entre 5° y 10 °C bajo cero (Abraham y Martínez, 2000). La media anual es de 17,2 °C y la humedad relativa media es del 53%. Los vientos predominantes son del cuadrante Sur-Sureste. Cabe destacar también la ocurrencia entre otoño y primavera del cálido y seco viento Zonda proveniente de la cordillera.

En el valle del Tulum los suelos que predominan corresponden, según clasificación taxonómica del Servicio de Conservación de Suelos (NRCS), al orden Entisol, suborden Fluvents, gran grupo Torrfluvents y subgrupo Torrfluvents típico (USDA Soil Survey Staff, 2006). Son suelos jóvenes, inmaduros, con escaso desarrollo de horizontes pedogenéticos, formados por materiales que provienen del transporte y sedimentación del río San Juan mediante los procesos aluvionales, como así también eólicos y derrubios coluviales de las formaciones montañosas periféricas (Liotta, 2000).

Los pertenecientes a la ex llanura de inundación del río son profundos de variada granulometría y heterogénea distribución, constituidos por una

alternancia de capas que responden en cierta medida a la capacidad de arrastre del río y el relieve preexistente sobre el cual fueron depositados sus materiales a lo largo del cuaternario (Liotta, 2000). Se presentan algunas formaciones medanosas de distinta altura que le dan al valle el aspecto de suavemente ondulado.

Debido a las características de formación por arrastres aluvionales se observa una heterogeneidad de suelos dentro del valle. En la zona Este, se presentan suelos profundos de texturas gruesas (arenoso, arenoso-franco) con inclusiones de gravillas (rocas metamórficas) que no superan el 5 % del volumen de suelo. Hacia el Oeste de la región los suelos son someros (poco profundos) de textura franco-limosa apoyados sobre un subsuelo con rodados, gravas o gravillas a distintas profundidades. En la parte central del valle, los suelos son profundos con una textura heterogénea que varían desde arenosos a arcillo-limosos.

La gran variabilidad de suelos observados y las limitantes físicas (variada granulometría) y químicas (altas concentraciones de sales solubles) que existen en el área de estudio, justifican una investigación que oriente al productor en cuanto al manejo nutricional y a las posibles limitantes que pueden afectar la productividad del olivo, teniendo en cuenta que el cultivo se ha plantado en todos los suelos del valle.

1.9) HIPÓTESIS

1.9.1) Hipótesis general

El patrón estacional de macro y micronutrientes foliar del cultivo del olivo es afectado por efectos ambientales, varietales y de manejo que deben ser considerados en la confección de los estándares nutricionales.

1.9.2) Hipótesis específicas

1. Basado en la evolución de las concentraciones de nutrientes, la época de muestreo foliar en los meses de noviembre y diciembre (endurecimiento del endocarpio) es la más adecuada para realizar un correcto diagnóstico nutricional al detectar la menor variabilidad y estabilización en la concentración de la mayoría de los nutrientes.
2. Debido a las condiciones agroclimáticas de San Juan, los valores de referencia para su olivicultura intensiva difieren de los propuestos para otras zonas olivícolas del mundo principalmente para N y K en los tradicionales muestreos de verano e invierno.
3. La concentración media de nutrientes en hojas de olivo son diferentes en las distintas zonas de San Juan, por la heterogeneidad de condiciones agroclimáticas y de suelos que presentan.
4. La concentración media de nutrientes es afectada por los efectos de muestreo (época del año), variables ambientales (año), genéticos (cultivar) y de manejo (producción).

1.10) OBJETIVOS

1.10.1) Objetivo general

Analizar el patrón estacional de la concentración de macro y micronutrientes en las hojas de olivo (*Olea europaea* L.) y su posible variación debido a los efectos ambientales, varietales y factores de manejo.

1.10.2) Objetivos específicos

1. Determinar la evolución de las concentraciones de los nutrientes, y el momento más adecuado para cuantificar el nivel de nutrientes en hojas para la variedad Arbequina.
2. Proponer valores de referencia para la olivicultura intensiva en San Juan.

3. Determinar la posible influencia de las diferentes zonas dentro del Valle del Tulum en San Juan sobre la concentración foliar de nutrientes en olivo.
4. Determinar el efecto de la época de muestreo, año de producción, variedad y carga de frutos sobre la concentración de los nutrientes.

CAPITULO 2

EVOLUCION DE LAS CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES FOLIARES PARA LA OLIVICULTURA INTENSIVA EN SAN JUAN: DETERMINACION DE LA EPOCA DE ESTABILIZACION Y VALORES DE REFERENCIA

2.1) INTRODUCCIÓN

Se ha informado que la concentración de nutrientes en las hojas varía con la edad de las mismas, y que dicha variación está vinculada a la fenología del árbol (Fernández Escobar, 1998). Además, el muestreo foliar debe realizarse en una época en la que las concentraciones de los elementos en las hojas sean estables para poder compararlo con valores estándares para el cultivar en la región. Por esta razón, se sostiene que los cambios en la concentración de nutrientes estarán vinculados fundamentalmente al estado fenológico en que la planta se encuentre y que las tendencias, año tras año, serán las mismas aunque cambie su intensidad por diferencias entre campañas.

También, el árbol tiende a un equilibrio específico de acuerdo con las condiciones ecológicas dominantes en cada zona. Por ende, para que el análisis foliar cumpla con su rol de método de diagnóstico nutricional es necesario determinar el momento adecuado de muestreo y los umbrales bajo condiciones locales asociados a las características edafo climáticas que le son propias a cada región (Michelakis, 2002). En este contexto, se hace completamente necesaria la experimentación local que permita ajustar el manejo del cultivo por zona, con el fin de aprovechar las potencialidades del olivo en lo que se refiere a su capacidad productiva.

2.2) HIPÓTESIS Y OBJETIVOS ESPECIFICOS

Hipótesis 1: Basado en la evolución de las concentraciones de nutrientes, la época de muestreo foliar en los meses de noviembre y diciembre (endureci-

miento del endocarpio) es la más adecuada para realizar un correcto diagnóstico nutricional al detectar la menor variabilidad y estabilización en la concentración de la mayoría de los nutrientes.

Objetivo 1: Determinar la evolución de las concentraciones de los nutrientes, y el momento más adecuado para cuantificar el nivel de nutrientes en hojas para la variedad Arbequina.

Hipótesis 2: Debido a las condiciones agroclimáticas de San Juan, los valores de referencia para su olivicultura intensiva difieren a los propuestos para otras zonas olivícolas del mundo principalmente para N y K en los tradicionales muestreos de verano e invierno.

Objetivo 2: Proponer valores de referencia para la olivicultura intensiva en San Juan.

2.3) MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de evaluar el momento óptimo de cuantificación de nutrientes, se midió la concentración de macro y micronutrientes en hojas mensualmente durante 4 años (objetivo 1). El muestreo se realizó en tres parcelas comerciales de olivo del cv. Arbequina de 8 años de edad al momento de empezar el ensayo, con una densidad de plantación de 357 pl ha^{-1} . La unidad experimental estuvo compuesta por 10 plantas en un diseño de parcelas al azar con tres repeticiones. El manejo sobre fertilización, riego y producciones de cada parcela se detallan en la tabla 3. La metodología de muestreo empleada fue la sugerida por Bouat (1960), extrayendo al azar la primera hoja completamente expandida de brindillas que se encuentran a 1,6 m de altura orientadas en los diferentes puntos cardinales de la copa del árbol.

Tabla 3.Dosis de fertilizante, riego y producciones de las 3 repeticiones

Parcela 1					
Años	Fertilización			Producción	Riego
	Kg N ha ⁻¹	Kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Kg K ₂ O ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹	mm año ⁻¹ ha ⁻¹
	2005	166,0	14,2	96,4	6518
2006	166,0	14,2	96,4	9924	1054
2007	185,6	14,2	142,8	7828	1186
2008	185,6	14,2	142,8	10892	1186
Parcela 2					
Años	Fertilización			Producción	Riego
	Kg N ha ⁻¹	Kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Kg K ₂ O ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹	mm año ⁻¹ ha ⁻¹
	2005	166,0	14,2	96,4	6583
2006	166,0	14,2	96,4	10281	1054
2007	185,6	14,2	142,8	7737	1186
2008	185,6	14,2	142,8	11473	1186
Parcela 3					
Años	Fertilización			Producción	Riego
	Kg N ha ⁻¹	Kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Kg K ₂ O ha ⁻¹	Kg ha ⁻¹	mm año ⁻¹ h ⁻¹
	2005	166,0	14,2	96,4	7145
2006	166,0	14,2	96,4	10417	1054
2007	185,6	14,2	142,8	7428	1186
2008	185,6	14,2	142,8	10743	1186

Por otro lado, para determinar los valores de referencia del valle central de San Juan (objetivo 2), fueron seleccionados al azar 100 cuarteles de olivo ubicados en 15 fincas comerciales de diferentes zonas agro-climático del valle central de San Juan. En los departamentos de Pocito, 25 de Mayo y Sarmiento. (Figura 1)

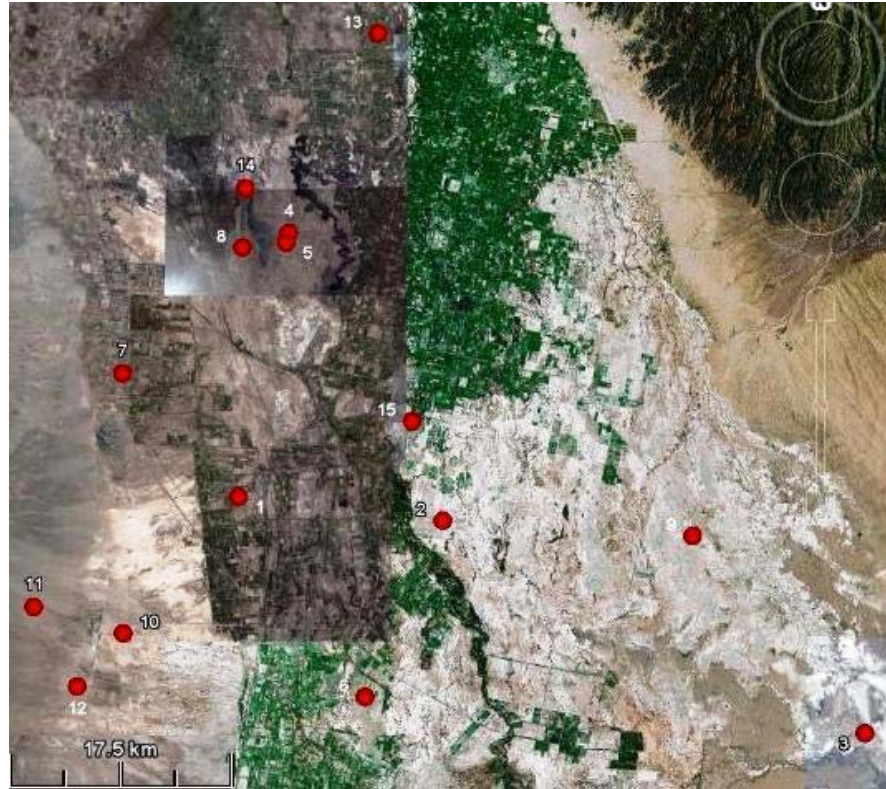


Figura 1. Distribución geográfica de las 15 fincas evaluadas en el Valle de Tulum

La edad de las plantas varió entre los 8 a 11 años. Los marcos de plantación más frecuentes son de tipo intensivo con una densidad promedio de 408 pl ha^{-1} . Las variedades incluyeron Arbequina, Frantoio, Hojiblanca, Leccino, Koroneiki, I 77, Picual, Empeltre y Barnea para la obtención de aceite y Manzanilla, Changlot Real para conserva. La superficie de las parcelas abarcaba un promedio de 10 hectáreas en bloques monovarietales. La totalidad de las parcelas a evaluar poseían un manejo de cultivo moderno con riego presurizado (goteo y aspersión) y el equipamiento adecuado para realizar fertirrigación. Las fertilización varió desde parcelas sin fertilizar a dosis de 0.75 Kg, 0.09 Kg y 0.36 Kg de N, P_2O_5 y K_2O respectivamente por planta. La conducción adoptada fue un pie central único con sistema monocono o vaso simple, buscando obtener plantas adaptadas a la cosecha mecánica.

De todas estas parcelas se tomaron muestras para realizar los análisis foliares de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), hierro (Fe), sodio (Na) y boro (B). Los muestreos de hojas se realizaron en los períodos de reposo invernal (julio) y

estival (enero, al transpolar el mes de julio utilizado en el hemisferio norte) durante los tres años de ensayo (2006-07-08). Con el propósito de minimizar variaciones generadas en el muestreo (la altura, edad y lado del árbol que se tome la hoja) se siguió un protocolo de muestreo. A tal efecto, la metodología empleada fue la sugerida por Bouat (1960) en la que recomienda aproximadamente 100 hojas por cuartel muestreado obtenidas de árboles al azar, extrayendo la primera hoja completamente expandida de brindillas que se encuentran a 1,6 m de altura orientadas en los diferentes puntos cardinales de la copa del árbol.

Las hojas se sometieron a un lavado con detergente no iónico y secado en estufa a 70°C hasta peso constante (72h aproximadamente) y molidas en molino de martillos. El contenido de N total se cuantificó a partir de este material vegetal mediante el uso del método de Kjeldhal (Bremmer y Mulvaney, 1982).

Luego, el material seco (1gr) fue calcinado en horno mufla a 500°C durante 24 h, tales cenizas se disolvieron en 5 ml de clorhídrico al 20%, se filtraron recibiendo el extracto sobre un matraz aforado y diluyéndolo con agua destilada. A partir de esta solución se cuantificó el P total y el B mediante colorimetría por el método de Watanabe y Olsen (1965) y Matt et al. (1975) respectivamente, y por espectrofotometría de absorción atómica con un equipo Analyst 200 (Perkin Elmer) el contenido de cationes: Ca, Mg; Na, K, Fe, Mn, Zn y Cu. Los elementos principales como N, P, K, Ca, Mg y Na se expresaron en % y los restantes en ppm, siempre referido a sustancia seca (ss).

Con el fin de conocer las características físicas-químicas de suelo se extrajeron muestras compuestas de cada una de las 15 fincas seleccionadas en dos profundidades de suelo; 0-30 cm y 30-60 cm. Las determinaciones realizadas fueron: textura mediante la técnica de volumen de sedimentación (Nijelsohn y Pilasi, 1962), pH en pasta saturada de suelo por vía potenciométrica (Jackson, 1964) y conductividad eléctrica específica del extracto de saturación (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1960). El contenido de N total se cuantificó mediante oxidación húmeda por el método de Kjeldahl (Bremmer y Mulvaney, 1982), P disponible mediante extracción carbónica (Nijelsohn et al., 1972) y el K intercambiable mediante la extracción con acetato de amonio 1N pH 7 (Jackson,

1964). El contenido de materia orgánica se determinó por el método de Walkley & Black (Nelson y Sommers, 1982). La cuantificación de los micro elementos se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica con un equipo Analyst 200 (Perkin Elmer) usando como solución extractante el DTPA (ácido dietilen triamino pentacético) (Lindsay y Norvel, 1978).

Las características físico-químicas de los suelos de la zona se detallan en la tabla 4. En ella se puede observar que los suelos presentaron salinidad y pH medios, y una amplitud de texturas, desde franco arenosas a franco arcillosas. Desde el punto de vista de la fertilidad, algunos parámetros adquieren especial relevancia en estos suelos, como la baja cantidad de materia orgánica, bajas concentraciones de N, medias de P y altas de K. También cabe destacar las altas concentraciones de Ca y Na, y la baja concentración de Mg y Zn.

Tabla 4. Parámetros físicoquímico del los análisis de suelos. Valores medios, máximos y mínimos correspondiente a las 15 fincas.

Determinación	Prof. (cm)	Media	Mín	Máx
CEe (dS m ⁻¹)	0-30	3,6	1,0	8,0
	30-60	5,2	1,7	12,0
pH	0-30	7,8	7,6	8,0
	30-60	7,8	7,7	8,0
Textura (%) Volumen de sedimentación	0-30	100,5	88,0	116,0
	30-60	98,0	84,0	116,0
RAS	0-30	3,59	1,7	8,5
	30-60	5,58	1,6	12,0
MO(g kg ⁻¹)	0-30	11,9	4,6	21,7
	30-60	8,9	3,3	15,8
N (mg kg ⁻¹)	0-30	774,8	285	1441
	30-60	593,6	254	1007
P (mg kg ⁻¹)	0-30	80	22	113
	30-60	62	20	151
K (mg kg ⁻¹)	0-30	560,95	240	1106
	30-60	544,89	238	1121
Fe (mg kg ⁻¹)	0-30	2,98	1,0	5,9
Mn (mg kg ⁻¹)	0-30	2,76	1,7	4,6
Zn (mg kg ⁻¹)	0-30	0,71	0,3	1,4
Cu (mg kg ⁻¹)	0-30	1,75	0,6	2,7
Ca (mg kg ⁻¹)	0-30	26,99	19,65	40,24
Mg (mg kg ⁻¹)	0-30	4,22	2,12	9,3
Na (mg kg ⁻¹)	0-30	3,01	1,13	6,45

Para determinar el momento más adecuado para cuantificar el nivel de nutrientes en hojas para la variedad Arbequina (objetivo 1) se trabajó con los valores medios de cada uno de los nutrientes y la desviación estándar mensual, para generar así curvas de evolución anual de los contenidos de nutrientes en hojas. Para proponer valores de referencia para la olivicultura intensiva en San Juan (objetivo 2), se trabajó con los valores medios de las 15 fincas de cada uno de los nutrientes y su intervalo de confianza ($p < 0,05$).

2.4) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.4.1) Evolución anual de la concentración de nitrógeno

El análisis detallado de cada uno de los elementos, permite observar una tendencia similar de la dinámica del N para los cuatro años evaluados (figura 2).

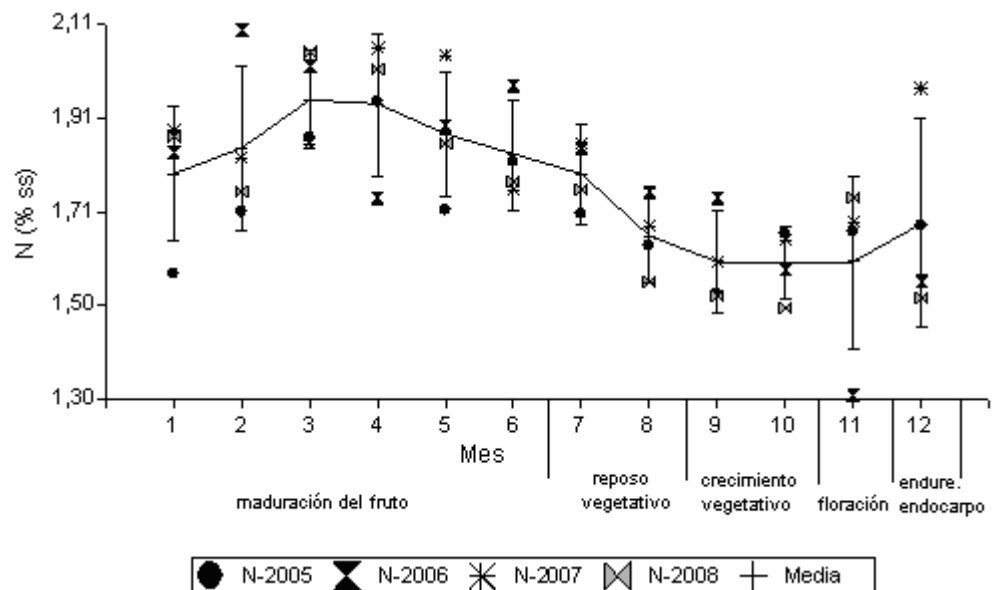


Figura 2. Evolución anual de la concentración de NITROGENO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante. Para cada mes de muestreo se representa la media y la desviación estándar. Cada uno de los valores es el promedio de 3 observaciones.

Las hojas jóvenes tienen una alta concentración de N (superior a 1,90 % en promedio) en los meses de marzo, abril y mayo dependiendo del ciclo

vegetativo evaluado. Estos datos no concuerdan con los obtenidos por Bouat et al. (1960) que estableció un máximo en plena “parada” invernal. Luego a partir de la maduración del fruto (abril-mayo) se inició un nuevo descenso progresivo de las concentraciones de N en hoja, en los meses de junio y julio hasta aproximadamente un valor de 1,70 %. Al igual que lo observado en Catamarca por Bravo et al. (2005) no se encontró un período de estabilización invernal. A lo largo de la primavera y principio de verano se acentúa esta disminución hasta llegar al periodo octubre-noviembre en el que se alcanza los valores mínimos anuales cercanos a 1,60 % (Bouat, 1960; Fernández-Escobar et al., 1999; Nieto et al., 2006a) momento en el que se produce el endurecimiento del endocarpio de la aceituna en esta zona temprana del Valle del Tulum. Este descenso en la concentración de N en hoja sugiere un fuerte consumo debido, en primer lugar, a la demanda de las brotaciones de madera (portadoras del cosecha del año siguiente) y, en segundo lugar, a la demanda por las inflorescencias y más tarde por la aceituna (desde el cuajado hasta el endurecimiento del endocarpio) (Connell et al., 2002; Nieto et al., 2006a). A continuación se inicia un aumento progresivo de la concentración de N en hojas hasta alcanzar en el periodo marzo-abril un valor máximo en torno a 1,95-2,06 % dependiendo del año. Estos datos sugieren igualmente que desde el endurecimiento del endocarpio hasta la maduración del fruto es una época de escaso consumo de N, y concuerda con las observaciones de Nieto et al. (2006a), Bouat (1960) y Bravo et al. (2005).

Cabe destacar que los mayores desvíos estándar se encuentran en los meses de noviembre y diciembre con 0,18% y 0,22% respectivamente y los menores en los meses de julio y octubre con aproximadamente 0,10%. Tal dato es de importancia para tener en cuenta a la hora de sugerir un momento de muestreo, siendo lo ideal un menor desvío estándar. Además se aprecia cierta estabilización de la concentración de nitrógeno en esos meses.

2.4.2) Evolución anual de la concentración de fósforo

La figura 3 muestra la dinámica estacional del P para los cuatro años evaluados. Es posible observar el mismo comportamiento según el ciclo evaluado, con una baja concentración de P foliar en los meses de agosto-septiembre y octubre (0,14-0,15%), provocado por una alta demanda del fruto

hasta el período de endurecimiento del endocarpio (Bouat, 1960; Fernández-Escobar et al., 1999; Nieto et al., 2006a). Entre los meses de noviembre-diciembre y enero se registró un incremento hasta llegar a valores promedios de 0,21%. Ambos puntos extremos resultaron similares a lo observado por Bravo et al. (2005) en olivares de Catamarca (Argentina). Por último se registró un descenso paulatino hasta el inicio de la primavera siguiente, el cual no coincidió con lo informado por Nieto et al. (2006a), quienes observaron un aumento del P en la temporada invernal en España.

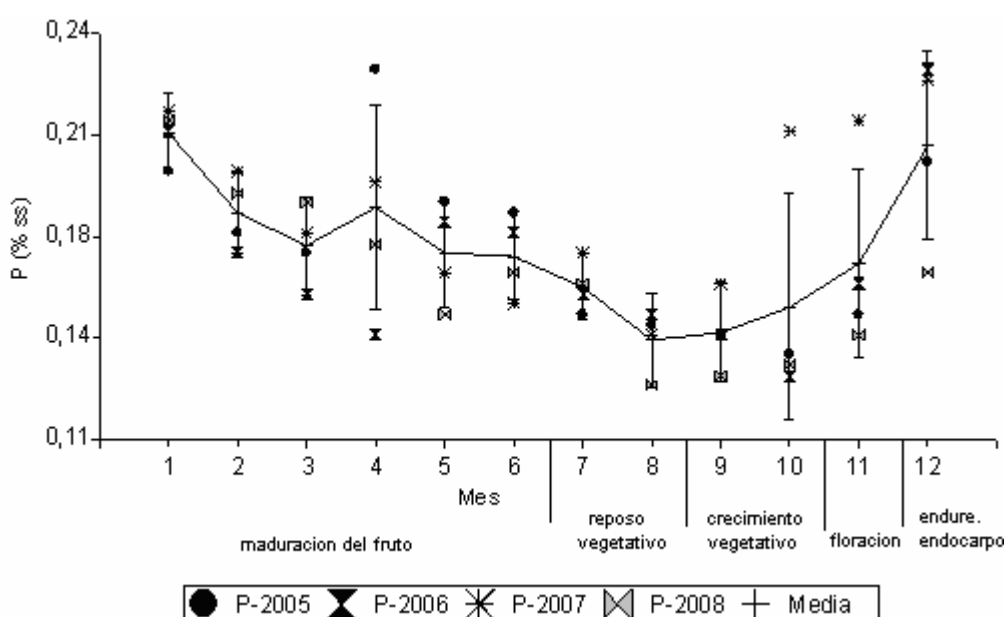


Figura 3. Evolución anual de la concentración de FOSFORO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante. Para cada mes de muestreo se representa la media y la desviación estándar. Cada uno de los valores es el promedio de 3 observaciones.

A partir del análisis de la figura 3 y en función a lo anteriormente expuesto, se puede indicar como periodo de estabilización del P foliar el comprendido entre los meses de marzo a julio con un valor promedio de 0,17%, coincidente con la etapa de crecimiento y maduración del fruto. Se exceptúa el mes abril, ya que posee al igual que los meses de verano el más alto desvío estándar (0,03%).

2.4.3) Evolución anual de la concentración de potasio

Durante los meses de noviembre y diciembre se observaron los valores máximos anuales de K (1,16-1,12%) que fueron descendiendo paulatinamente a lo largo de toda la temporada, alcanzando valores mínimos (0,63%) al comienzo de floración del año siguiente (figura 4).

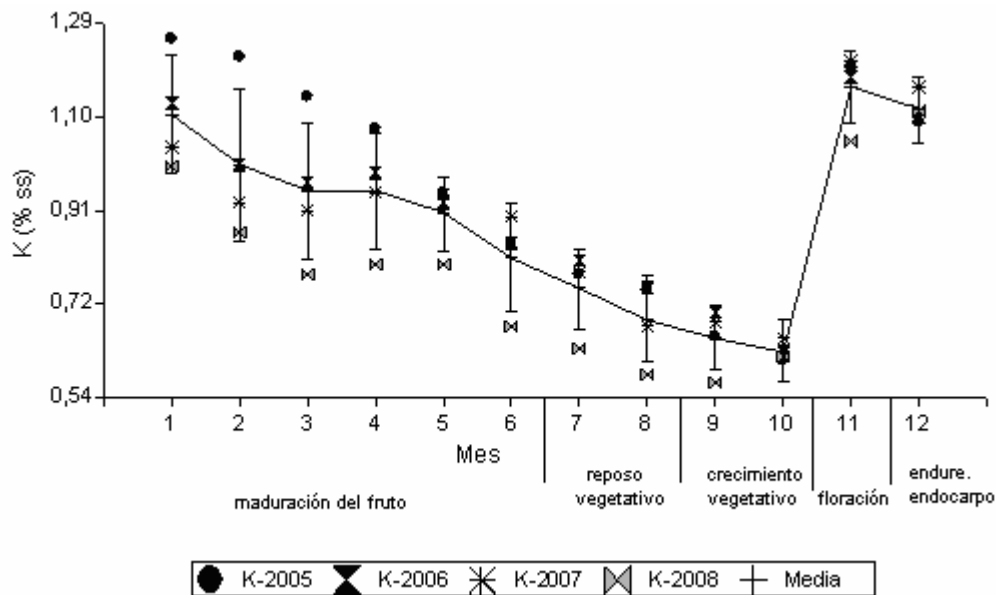


Figura 4. Evolución anual de la concentración de POTASIO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante. Para cada mes de muestreo se representa la media y la desviación estándar. Cada uno de los valores es el promedio de 3 observaciones.

Esta tendencia decreciente resultó similar a la observadas por Bouat, 1960; Fernández-Escobar et al., 1999 y Nieto et al., 2006a. La evolución de la concentración estuvo fuertemente condicionada por el desarrollo de la aceituna en la que se van acumulando importante cantidades de K a lo largo del periodo de desarrollo del fruto. (Hidalgo et al., 2006; Pastor, 2005).

Los valores máximos a nivel foliar se obtienen debido a que en ese momento de muestreo las hojas nuevas todavía no cumplen la función de fuente para el envío de K a los frutos, demanda que será abastecida más adelante. El período de gran consumo de K por el fruto luego del endurecimiento de carozo

se puede corroborar con los datos obtenidos por Aybar et al. (2008) en Catamarca, Argentina. Estos autores no encontraron diferencias significativas en la concentración de potasio en hojas al comparar años con producción (carga) y sin producción (descarga) hasta ese periodo fisiológico (endurecimiento del endocarpo).

Luego, la tendencia descendente a lo largo de toda la campaña estuvo fuertemente condicionada por el desarrollo de la aceituna en la que se van acumulando importantes cantidades de K a lo largo del periodo de desarrollo del fruto (Pastor, 2005; Hidalgo et al., 2006), hasta el próximo ciclo en que es requerido en menor medida en todos los procesos vegetativos previos al endurecimiento del carozo (Bouat, 1960; Fernández-Escobar et al., 1999; Nieto et al., 2006a).

Durante el ciclo, se pueden observar dos periodos donde se estabiliza la concentración de K. El primero ocurre entre los meses de marzo a mayo, similar a lo observado por Bravo et al. (2005) en Catamarca durante la tercera etapa de crecimiento del fruto cuando se produce su maduración y la consecuente formación de aceite, Este hecho evidencia la importancia del potasio en la lipogénesis (Bravo et al. 2005). El segundo periodo corresponde entre los meses de agosto a octubre donde se evidencia cierta estabilización y bajo desvío estándar.

2.4.4) Evolución anual de la concentración de magnesio y sodio

La figura 5 muestra la dinámica estacional del Mg y Na a partir de los valores medios de los cuatro años evaluados. Las concentraciones de Mg en hojas crecen a medida que avanza la estación, en este caso desde valores promedios en torno a 0,20% en el mes de noviembre. Durante el otoño y la parada invernal se observa un aumento paulatino hasta llegar al punto máximo de concentración en la temporada de primavera, mas precisamente en el mes de septiembre con valores promedios de 0,29 %, para luego caer rotundamente hasta niveles bajos. Esto indicaría, como los señala Bouat (1960), que la mayor concentración de estos nutrientes se encuentra acumulado en hojas del ciclo

pasado, ya que en el muestreo de noviembre se realiza sobre hojas nuevas. Es preciso destacar la estabilidad analítica durante el invierno para Mg (0,26%).

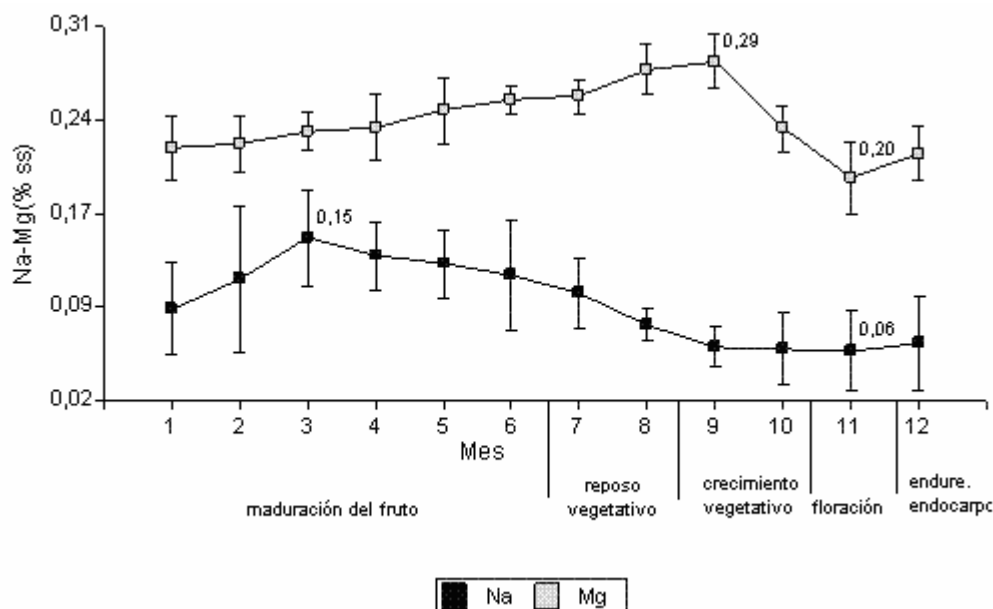


Figura 5. Evolución anual del contenido de SODIO y MAGNESIO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante. Para cada mes de muestreo se representa la media de los cuatro años evaluados y la desviación estándar. Cada uno de los valores es el promedio de 3 observaciones.

Los valores máximos en promedio de la concentración de Na se encuentran en los meses de marzo (0,15%). A partir de este nivel se produce una disminución en las concentraciones foliares hasta llegar un mínimo en el mes de septiembre con valores cercanos a 0,06%. Desde este momento la concentración se mantiene constante hasta el mes de diciembre, para luego aumentar desde enero hasta el punto máximo en marzo.

2.4.5) Evolución anual de la concentración de manganeso

La concentración media de los cuatro años evaluados de Mn muestra los valores máximos en promedio en el mes de mayo (50,42 ppm) (figura 6). A partir de este nivel máximo se produce una disminución en las concentraciones foliares hasta llegar un mínimo en el mes de noviembre en Mn (40,42 ppm). A partir de allí, la concentración de Mn aumenta considerablemente hasta febrero,

para caer drásticamente en el mes de abril, comportamiento que se repitió en los 4 años de evaluación, para aumentar posteriormente hasta el mes de mayo.

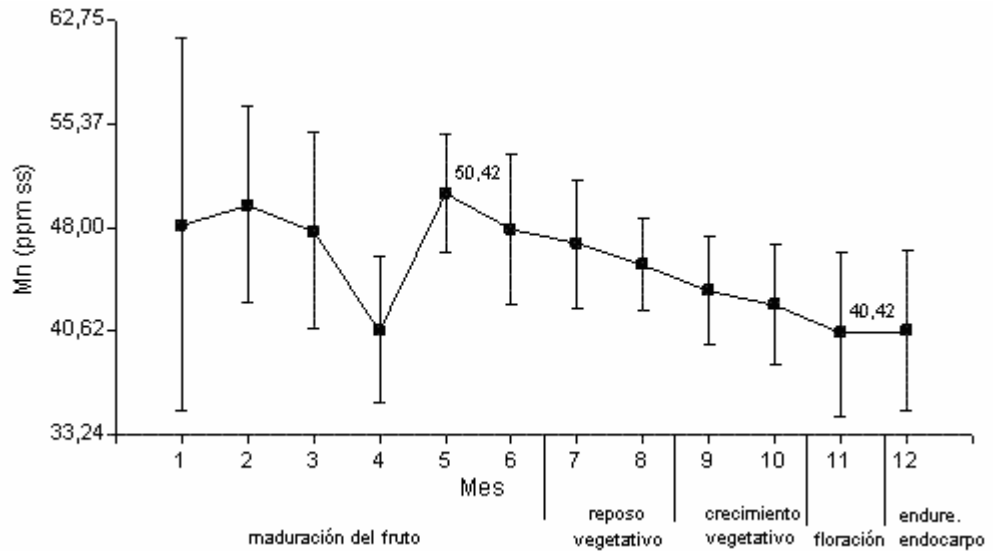


Figura 6. Evolución anual de la concentración de MANGANESO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante. Para cada mes de muestreo se representa la media de los cuatro años evaluados y la desviación estándar. Cada uno de los valores es el promedio de 3 observaciones.

Es preciso destacar la estabilidad analítica durante los meses de verano, exceptuando el mes enero, ya que posee un alto desvío estándar.

2.4.6) Evolución anual de la concentración de calcio.

La figura 7 muestra la dinámica estacional media del Ca para los cuatro años evaluados. Las concentraciones crecieron desde un valor mínimo de 1,19% en el mes de noviembre y diciembre, a medida que avanzó la estación.

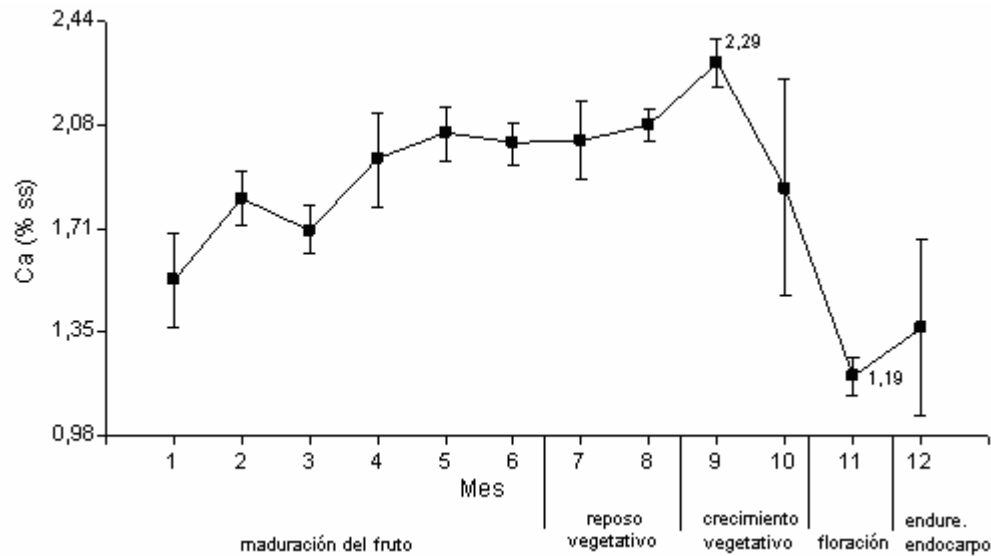


Figura 7. Evolución anual de la concentración de CALCIO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante. Para cada mes de muestreo se representa la media de los cuatro años evaluados y la desviación estándar. Cada uno de los valores es el promedio de 3 observaciones.

Durante el otoño y la parada invernal se observa un aumento paulatino hasta llegar al punto máximo de concentración en la temporada de primavera, mas precisamente en el mes de septiembre con una concentración de 2,29 % en hoja, para luego caer nuevamente hasta el nivel mínimo. Este comportamiento es debido a que la mayor concentración de este nutriente se encuentra acumulados en hojas del ciclo pasado, y el muestreo de noviembre se realiza sobre hojas nuevas, tal como lo observó Bouat (1960). Cabe enfatizar la estabilidad analítica durante el invierno con valores promedios a 2,02 % de Ca en hoja.

2.4.7) Evolución anual de la concentración de hierro

Los valores de Fe se informan en la figura 8. La concentración de este elemento en hojas crece bruscamente a medida que avanza la estación primaveral desde valores mínimos (60,67 ppm) en la parada invernal hasta el máximo (129,75 ppm) en el mes de octubre.

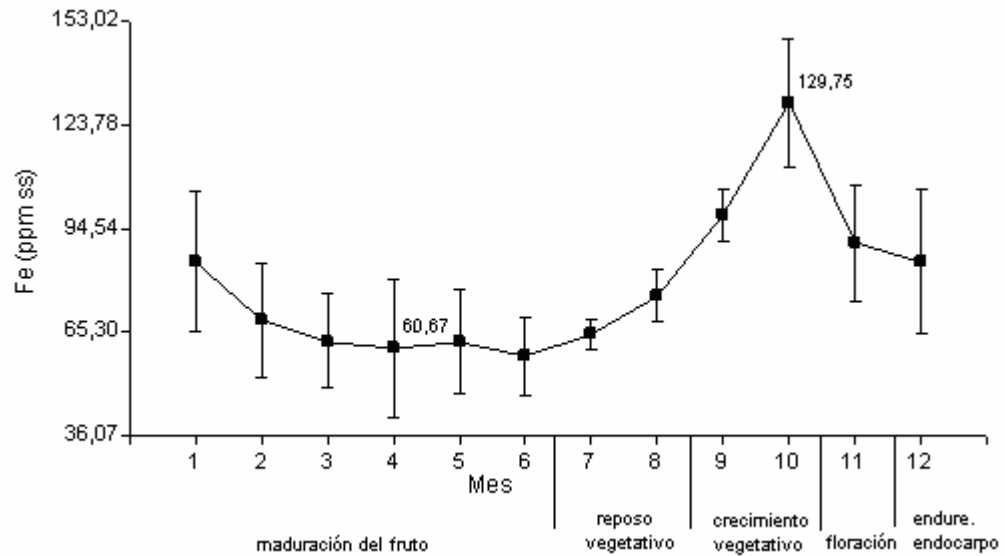


Figura 8. Evolución anual de la concentración de HIERRO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante. Para cada mes de muestreo se representa la media de los cuatro años evaluados y la desviación estándar. Cada uno de los valores es el promedio de 3 observaciones.

Durante las estaciones de verano y otoño se observa una disminución paulatina hasta llegar nuevamente a los niveles mínimos en invierno. Es preciso destacar la estabilidad analítica durante el otoño-invierno con valores en torno a 60 ppm. Tal dato es de importancia para tener en cuenta a la hora de sugerir un momento de muestreo.

2.4.8) Evolución anual de la concentración de cobre y zinc

En la figura 9 se ve una tendencia semejante en el Cu y Zn, con valores mínimos promedios cercano a 7 ppm para Cu y 18 ppm Zn entre los meses de agosto y febrero con un leve aumento en el mes de noviembre. Para luego ir aumentando la concentración en la época otoñal hasta valores máximos en el mes de Mayo para el Cu (13 ppm) y Julio el Zn (24 ppm). Después de este punto de máxima concentración se observa una caída en la etapa primaveral hasta endurecimiento de carozo.

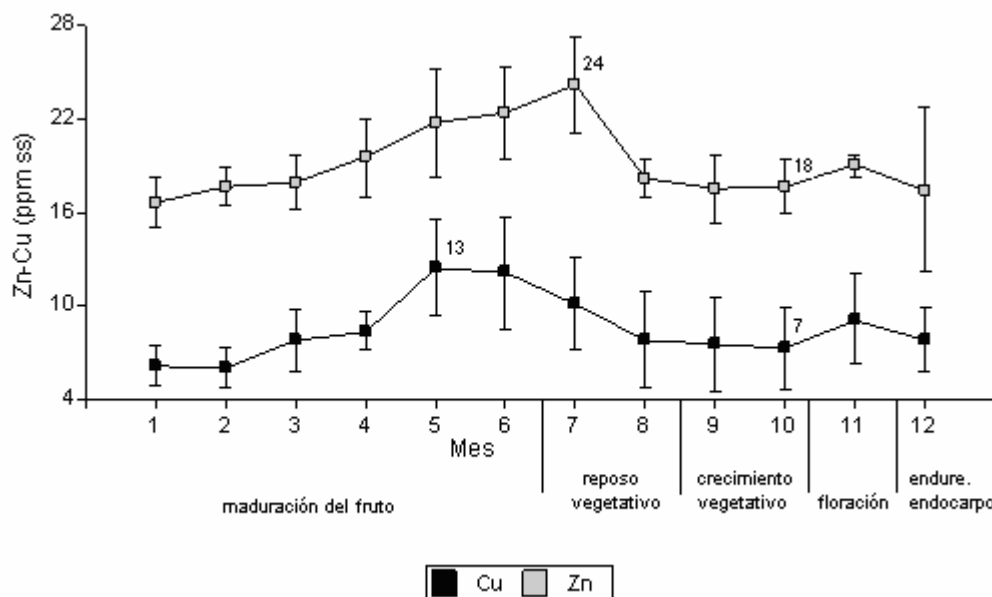


Figura 9. Evolución anual de la concentración de COBRE y ZINC en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante. Para cada mes de muestreo se representa la media de los cuatro años evaluados y la desviación estándar. Cada uno de los valores es el promedio de 3 observaciones.

Este descenso en la concentración en hoja indica que se trata de elementos altamente demandados en primer lugar, para la brotaciones de madera (portadoras de la cosecha del año siguiente) y, en segundo lugar, por las inflorescencias y más tarde por la aceituna (desde el cuajado hasta el endurecimiento del endocarpo). Cabe destacar la estabilidad de los datos entre los meses agosto a octubre donde además se encuentran las concentraciones mínimas de estos elementos.

2.4.9) Evolución anual de la concentración de boro

Partiendo de valores relativamente bajos en el momento de plena floración (octubre) se inició un aumento de la concentración de B en hoja (figura 10) hasta alcanzar valores máximos promedios anuales durante el mes de enero (51 ppm). A partir de este momento comenzó un rápido descenso de la concentración en hojas hasta alcanzar nuevamente los valores mínimos en octubre (6 ppm), manteniéndose valores relativamente estables a lo largo del otoño e invierno (18 ppm).

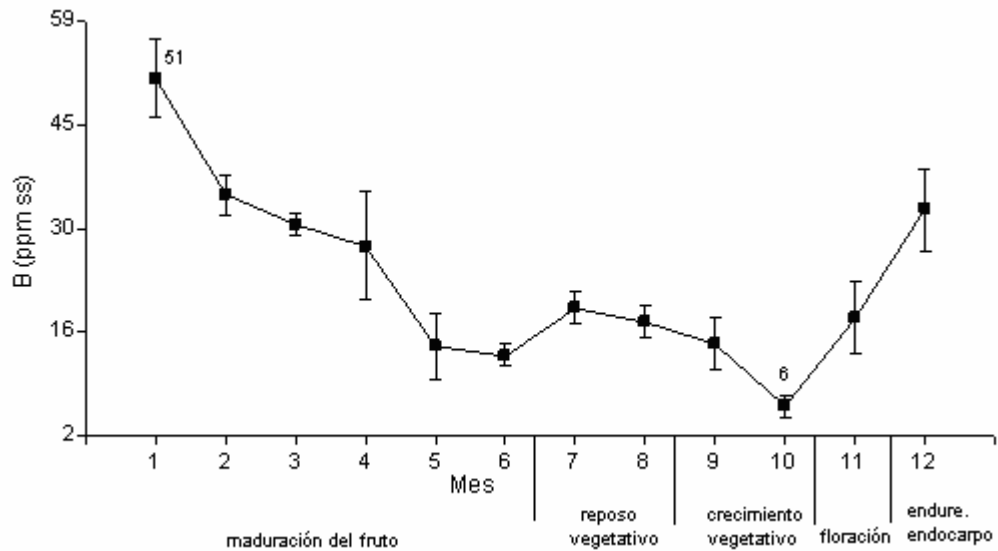


Figura 10. Evolución anual de la concentración de BORO en hojas totalmente expandidas del crecimiento del año en las campañas 2005/06/07/08 y la media general resultante. Para cada mes de muestreo se representa la media de los cuatro años evaluados y la desviación estándar. Cada uno de los valores es el promedio de 3 observaciones.

Estos datos revelan la gran importancia y alta demanda de este elemento en el periodo de floración.

2.4.10) Momento óptimo para muestreo foliar

En resumen, cabe destacar, como se observan en todas las figuras analizadas, que las tendencias en la evolución del contenido en hoja de los nutrientes evaluados a lo largo del ciclo vegetativo fueron muy similares en los cuatro ciclos considerados 2005-2006-2007 y 2008. Los elementos analizados se pueden reunir en grupos de similar tendencia en cuanto a su dinámica en las hojas. El primer conjunto corresponde al N, Mn y Na, con alta concentración en los meses de otoño, para luego disminuir hasta los meses de inicio de ciclo vegetativo. Otro grupo de parecido comportamiento es el conformado por el Fe, Ca y Mg, los cuales a grandes rasgos muestran un incremento de las concentraciones en los meses de primavera, para luego caer rápidamente hasta el mes de noviembre y diciembre, aumentando nuevamente desde estos mínimos hasta la próxima primavera. Los elementos como el Cu y Zn muestran

una tendencia similar, incrementando la concentración hasta mayo y julio, para disminuir hasta la primavera, momento en que empieza a incrementarse lentamente hasta el nuevo ciclo vegetativo. Por último, el P, K y B poseen una dinámica semejante, observándose un mínimo en los meses de primavera, aumentando la concentración rápidamente en los meses de noviembre, diciembre y enero, desde estos puntos máximos de concentración se produce una caída de los valores en los tres elementos a lo largo del ciclo hasta la brotación del próximo ciclo.

En la región del mediterráneo se ha generalizado, el muestro de hojas durante el reposo invernal, una época en la que en esa zona la concentración de elementos es estable, no encontrándose en este estudio ese patrón de comportamiento para la mayoría de los elementos evaluados. Asimismo en esta época se puede predecir la posible carencia de nutrientes en estados vegetativos futuros, sirviendo por lo tanto, como herramienta de diagnóstico para planificar la fertilización anual y corregir así los nutrientes con deficiencia en ese año.

Otra época de muestreo recomendada por investigadores californianos al igual que nuevos trabajos españoles, para olivar bajo riego es durante el verano (Freeman et al., 1994; Nieto et al., 2006a), más precisamente en el período de esclerificación del endocarpo. En ese momento es posible observar las mayores diferencias en la concentración de nutrientes en hojas, entre plantas bien nutridas y con síntomas de deficiencias. Aunque desde el punto de vista práctico no es un momento de sencilla determinación y además de su muy corta duración pero muy útil para medir las respuestas a los programas de fertilización programados con antelación.

Teniendo en cuenta estas pautas y el resumen de las dinámicas anuales de los elementos evaluados en este trabajo, el muestreo debería realizarse en una época en la que las concentraciones de los elementos en hoja sean estables. Se puede afirmar que esa condición para la variedad Arbequina bajo evaluación se logra en el mes de octubre, para elementos como N, P, K, Na, Mn, Cu y Zn, y para elementos como Ca, Mg, B y Fe en periodo de reposo invernal. Por lo tanto teniendo en cuenta que los minerales más críticos en la zona, lo

representan el N, K y Zn, se concluye que el mes de octubre (prefloración) parecería ser el momento más adecuado para la toma de muestras foliares. Esta época de muestreo es adecuada para medir las respuestas a los programas de fertilización programados en la época invernal y realizada en la primavera. Esta circunstancia daría lugar a correcciones y mejoras del estado nutricional de la planta en el mismo ciclo vegetativo, sobre todo en cultivos con fertirriego.

2.4.11) Valores de referencia para la olivicultura intensiva en San Juan

Para proponer valores de referencia para la olivicultura intensiva en San Juan (objetivo 2), se utilizaron muestras de hojas obtenidas en las épocas de reposo invernal (Julio) y endurecimiento de endocarpo (Enero). Al extrapolar lo propuesto para el hemisferio norte por diferentes autores.

Al comparar la concentración de nutrientes (N, P, K) obtenidos en el mes de julio en San Juan con los niveles propuestos por Bouat (1960), Nijensohn et al. (1996) y Failla et al. (1997) para la mismo periodo fisiológico (Tabla 5), se observa que el nivel medio de N en hoja se sitúa como bajo, el P como medio-alto y el K como alto. Estas diferencias encontradas entre los valores de referencias son explicables si tenemos en cuenta los bajos contenidos de N, medios de P y altos de K en suelo observados en los análisis de suelos de las 15 fincas muestreadas (Tabla 5).

Los nutrientes restantes son comparados en el tabla 6 con Failla et al. (1997), ya que es la única referencia que propone valores en esta fecha de muestreo para estos nutrientes. Se observa en general una similitud en la mayoría de los elementos comparados, exceptuando el boro donde el valor promedio para la zona de San Juan excede en más del doble. Cabe señalar que tanto en los frutales de hoja caduca como pera (*Pyrus communis L.*) (Sanchez, 1999) o de hoja perenne como el naranjo (*citrus sinensis L.*) (Shuang Han et al., 2009; Shuang Han et al., 2008) los valores normales de B se sitúan por encima de 20 ppm.

Tabla 5. Comparación entre valores de referencias para N, P y K en hojas tomadas en el mes de julio en olivares adultos en el valle del Tulum. Se presentan los valores medios.

	Concentración foliar %			Total N:P:K	Relación entre N:P:K		
	N	P	K		N	P	K
Bouat (1960)	2,10	0,15	0,83	3,08	68	5	27
Nijensohn et al. (1996)	1,90	0,11	0,88	2,89	65,5	3,5	31
Failla et al. (1997)	1,93	0,13	0,78	2,84	68	4	28
Marcelo et al. (2008)	1,97	0,16	0,83	2,96	66,5	5,4	28,1
Bueno, esta tesis	1,78	0,15	0,95	2,88	61,8	5,2	33

Tabla 6. Comparación entre valores de referencias para hojas tomadas en el mes de julio en olivares adultos en el valle del Tulum. Se presentan los valores medios.

	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	B (ppm)
Failla et al.(1997)	1,99	0,15	34	15	21	69	10
Bueno, esta tesis	1,98	0,15	38,07	18,24	18,91	86,31	25,38

Los datos obtenidos en enero son comparados en la tabla 7 con otros autores que obtuvieron los valores estándar en la época de endurecimiento de carozo. Estos datos obtenidos son útiles solo en zonas tardías del valle del Tulum, ya que como se observara al analizar la dinámica de nutrientes en zonas tempranas del valle este proceso se lleva a cabo en el mes de noviembre. Todos los nutrientes poseen un comportamiento similar al observado anteriormente en el muestreo de invierno. El N dentro de los valores propuestos se encuentra como uno de los más bajos, el P dentro de los medios y el K como uno de los más altos. Con respecto a los otros nutrientes hay una similitud a los sugeridos por los demás autores destacándose solo la baja concentración de Mg (posiblemente por el alto nivel en suelo de K) y Mn, carencia usual debido al pH básico de nuestros suelos.

Tabla 7. Comparación entre valores de referencias para hojas tomadas en el mes de enero olivares adultos en el valle del Tulum. Se presentan los valores medios. (SD= Sin Datos)

	Concentración foliar %					
	N	P	K	Ca	Mg	Na
Nieto et al. (2006b)	1,63	0,10	0,85	1,45	0,15	SD
Freeman et al. (1994)	1,75	0,20	0,80	1,00	0,10	SD
Failla et al. (1997)	1,93	0,14	1,32	1,78	0,16	SD
Bueno, esta tesis	1,63	0,17	1,20	1,46	0,13	0,076
	Concentración foliar ppm					
	Mn	Cu	Zn	Fe	B	
Nieto et al. (2006b)	51	14	14	SD	33	
Freeman et al. (1994)	20	4	SD	SD	19-150	
Failla et al. (1997)	36	10	18	87	17	
Bueno, esta tesis	33,04	13	16,76	85,29	39,06	

Por ultimo, el tabla 8 muestra de manera ordenada los niveles de nutriente obtenidos en hojas junto con su intervalo de confianza ($p=0.05$), para las dos épocas de muestreos evaluadas. Luego de observar valores diferentes a los propuestos para otras zonas olivícolas del mundo, estos se proponen como medios para la olivicultura intensiva en San Juan

Tabla 8. Valores de referencias para hojas tomadas en el mes de julio y enero en olivares adultos en el valle del Tulum. Se presentan los valores máximos y mínimos del intervalo de confianza ($p \leq 0.05$). Cada uno de los valores mostrado representa la media de 15 observaciones.

Elemento	Julio	Enero	Elemento	Julio	Enero
N (%)	1,73 - 1,83	1,56 - 1,70	Mn (ppm)	34,79 - 41,35	30,69 - 35,39
P (%)	0,14 - 0,16	0,16 - 0,18	Cu (ppm)	14,64 - 21,84	10,28 - 15,72
K (%)	0,92 - 0,98	1,14 - 1,26	Zn (ppm)	17,61 - 20,21	15,89 - 17,63
Ca (%)	1,76 - 2,20	1,39 - 1,53	Fe (ppm)	78,82 - 93,80	79,49 - 91,09
Mg (%)	0,14 - 0,16	0,12 - 0,14	B (ppm)	24,51 - 25,67	32,74 - 36,50
Na (%)	0,063 - 0,079	0,068 - 0,092			

Cabe destacar que al analizar la dinámica de nutrientes (objetivo 1), se observa que el proceso de endurecimiento del endocarpo no se registra el mes de enero y para la mayoría de los elementos no se registra la estabilidad invernal deseada. Sin embargo a los fines prácticos, los valores medios de cada nutriente

informados en invierno para 100 fincas se encuentran en un rango pequeño y pueden ser tomados por el momento como valores estándar. En invierno, se puede intervenir con mucho más tiempo en la toma de muestras, suficiente para que los laboratorios informen los resultados y se pueda planificar la fertilización anual. Si bien lo óptimo sería lograr el muestreo cuando ocurra la máxima estabilidad, periodo que se logra en prefloración en el mes de octubre, este momento en particular daría motivo a otro estudio en donde se deberían evaluar las ventajas adicionales que se podrían obtener.

Por ende, se propone realizar un seguimiento de las fases fenológicas de olivo, hasta llegar a determinar el momento de endurecimiento de carozo para cada variedad y zona del valle del Tulum. Como así también realizar un estudio para lograr obtener valores de referencia para el mes de octubre en el cual, según la evolución en la concentración de nutrientes, se observa una estabilidad para la mayoría de los mismos.

CAPITULO 3

INFLUENCIA DE LAS DIFERENTES ZONAS, ÉPOCA DE MUESTREO, AÑO DE PRODUCCIÓN, VARIEDAD Y PRODUCCIÓN SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES.

3.1) INTRODUCCIÓN

Para que el análisis foliar permita evaluar eficazmente el estado nutritivo de la planta, detectar carencias y/o desequilibrios nutritivos en los cultivos, es necesario previamente poner a punto los valores de referencia. Esto es debido a las posibles fuentes de variación a que puede estar sometido el cultivo en un lugar determinado. Por ejemplo al comparar estudios en árboles de diferentes zonas con óptima productividad se observaron diferencias en su equilibrio nutritivo. En Italia, Failla et al. (1997) observaron diferencias entre 8 zonas, para todos los elementos analizados en el estadio de endurecimiento del endocarpo. En cambio, Marcelo et al. (2008) al comparar dos zonas de Portugal informaron diferencias solo en algunos de elementos analizados, cambiando este patrón entre las dos épocas de muestreos estudiadas (reposo invernal y endurecimiento de carozo). Estos estudios tan detallados, comparando muchas zonas y encontrando patrones de comportamiento diferentes, llevan a pensar que el olivo es altamente afectado por las características edafo-climáticas en la que se encuentra cultivado.

Las características agroclimáticas y de manejo de cultivo de una zona pueden marcar una impronta sobre la concentración de nutrientes en las hojas. Entre los factores que han sido estudiados se destacan los asociados al clima (Jordao y Centeno, 1999), la salinidad (Tabatabaei, 2006), fertilidad y características físicas de suelo (Ben Rouina y Trigui, 2002; Nieto et al., 2006b), técnicas de cultivo como la fertilización (Fernández-Escobar et al., 1994) y manejo del riego (Gerampinis et al., 2008).

Por otro lado, el genotipo puede ser origen de oscilación en la concentración de nutrientes y tener influencia sobre las necesidades nutritivas como lo señalan Jordao y Centeno (1999) y Marcelo et al. (2008). Dichos autores detectaron variedades con composiciones minerales diferentes a nivel foliar a pesar de mantener producciones óptimas. Estos resultados discrepan de los hallados por Bout (1960), quien afirma que las concentraciones de nutrientes a nivel foliar representan un valor propio del árbol y no obligatoriamente de la variedad.

Otra fuente de variación en la composición química de la hoja puede ser el año de evaluación. Esto es debido a la fuerte alternancia en la producción (vecería) que puede influir en la concentración y consumo anual de nutrientes. Estas variaciones se informan en trabajos como los de Soyergins et al. (2002), en el cual observaron diferencias en K, Zn y B. Las concentraciones de tales elementos fueron más bajas en los años de mayor producción. Así mismo, estos autores concuerdan con Fernández-Escobar et al., (1999) quienes al observar en los años de poca carga que las concentraciones foliares de N, P y K son mayores. En cambio, Sibbet y Ferguson (2002) demostraron en olivares de California que las concentraciones foliares de N, B no fueron modificadas por la carga, pero sí el K.

Por lo tanto resulta importante realizar estudios en las nuevas regiones de producción donde el clima y las características de sus suelos difieren de los de la Cuenca del Mediterráneo, donde se efectuaron la mayoría de los estudios mencionados

3.2) HIPOTESIS Y OBJETIVOS ESPECIFICOS

Hipótesis 3: La concentración media de nutrientes en hojas de olivo son diferentes en las distintas zonas de San Juan, por la heterogeneidad de condiciones agroclimáticas y de suelos que presentan.

Objetivo 3: Determinar la posible influencia de las diferentes zonas dentro del Valle del Tulum en San Juan sobre la concentración foliar de nutrientes en olivo.

Hipótesis 4: La concentración media de nutrientes es afectada por los efectos de muestreo (época del año), variables ambientales (año), genéticos (cultivar) y de manejo (producción).

Objetivo 4: Determinar el efecto de la época de muestreo, año de producción, variedad y carga de frutos sobre la concentración de los nutrientes.

3.3) MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo estos estudios se utilizaron los datos de concentración foliar de los 15 puntos de muestreo y las 100 submuestras utilizadas en el capítulo 2. Por lo tanto las características generales de suelo y climas son las mismas que las citadas anteriormente. La metodología para la determinación de los nutrientes en hojas también corresponden a las detalladas oportunamente en el capítulo 2.

3.3.1) Influencia de las diferentes zonas sobre la concentración de nutrientes en hojas.

Con el fin de evaluar el efecto zonal dentro del Valle de Tulum, sobre la concentración de nutrientes, se generaron 4 zonas (figuras 11-12) en función de tres factores principales: altitud y características de suelo (tabla 9) basado en el estudio de suelo y drenaje del Valle de Tulum (1976) y clima (tabla 10) usando las estaciones meteorológicas más cercanas, pertenecientes al INTA. (departamentos de Sarmiento, Pocito y 25 de Mayo)

Al observar las tablas 9 y 10 se puede advertir una gran heterogeneidad en las características de suelo, factor principal de separación para las cuatro zonas. Otra causa de división entre las zonas es la divergencia que existe entre los datos de precipitación anual, días de periodo libre de heladas. Características

como altitud, temperaturas anuales medias y absolutas máximas y mínimas se comportan de manera similar en las diferentes zonas.

Luego de delimitar las cuatro zonas se agruparon 4 fincas en la zona 1, 3 fincas en la zona 2, 5 fincas en la zona 3 y 3 fincas la zona 4. En cada una de ellas se contó con análisis foliares obtenidos en las dos épocas de muestreos y se tomaron los tres años evaluados como repeticiones. A partir del número de finca por zona y los tres años evaluados la zona 1 cuenta con 12, la zona 2 con 9, la zona 3 con 15 y la zona 4 con 9 repeticiones de cada una de las épocas de muestreo. Por último, a partir de los datos medios de nutrientes en hojas de cada zona se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) en el cual se analizó solo como variable las zonas obtenidas para cada época de muestreo.

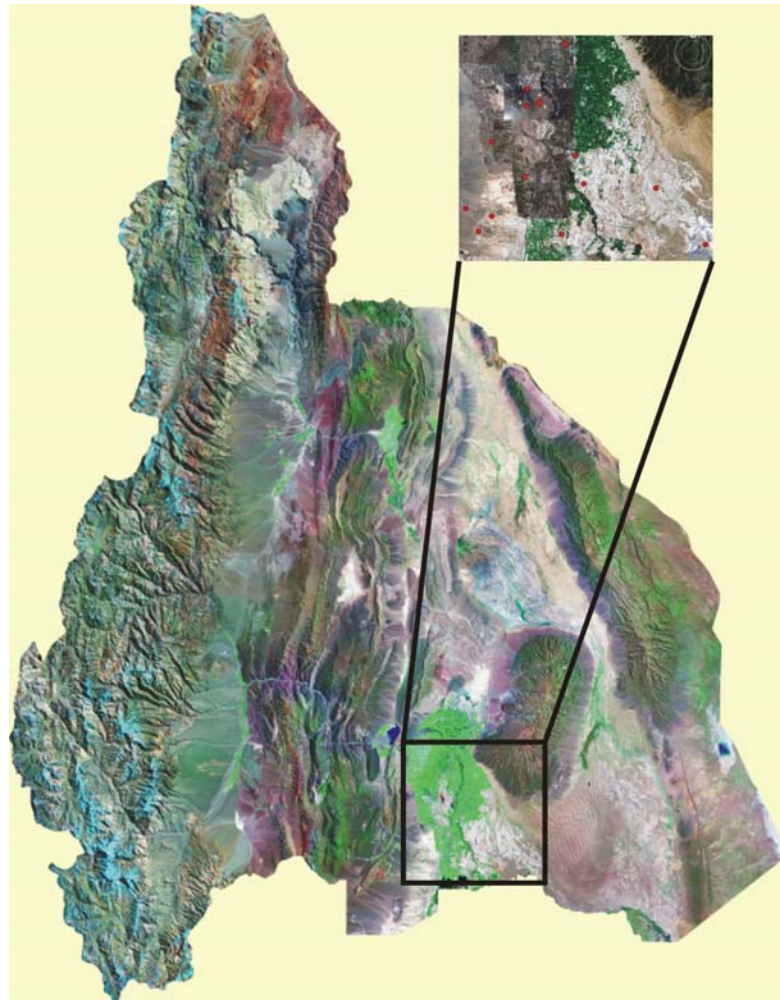


Figura 11. Imagen Satelital de la Provincia de San Juan, Zona de evaluación dentro del Valle de Tulum. (Landsat TM. Combinación 5,4,3 año 1998)

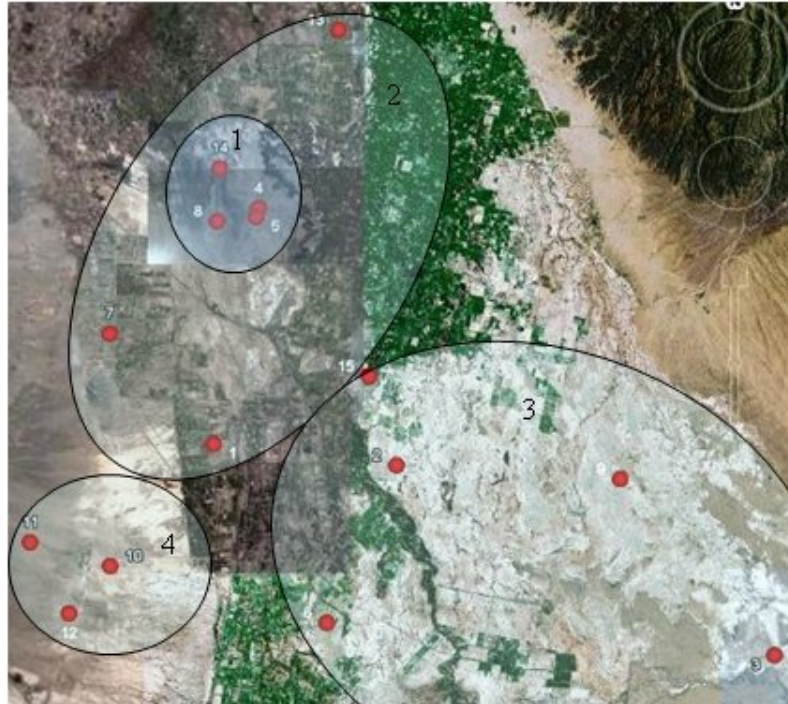


Figura 12. Distribución geográfica de las 4 zonas evaluadas en el Valle de Tulum.

Tabla 9. Características de suelo y altitud (msm) de las cuatro zonas evaluadas.

Zona	Altitud (msm)	características de suelo
1	579	Perfil de variada constitución en lo que respecta a textura (Franco a franco-arenoso), que se asienta sobre un subsuelo calcáreo (tosca). Afectadas en algunos casos por una capa freática cercana a la superficie.
2	574	Constituido por una sucesión de dos o más capas de texturas franco arenosa, cuya profundidad puede llegar a los 2 m, o más, asentada sobre un subsuelo de textura finas, franca arcillosa o arcillosa.
3	542	Caracterizado por la sucesión de dos o más capas de texturas que varían entre franco arcillosa hasta arcillosa. El subsuelo por debajo de esta, tiene una textura arenosa a franco arenosa.
4	694	Constituido por una sucesión de capas de texturas gruesas franco arenosas a arenosas, que alcanzan generalmente los 2 m. de profundidad. Con presencia de canto rodado en superficie.

Tabla 10. Características climáticas de las cuatro zonas evaluadas.

Zona	Características de clima
1	Las temperaturas anuales medias máximas y mínimas son de 24,7°C y 10,7°C respectivamente y las absolutas de 45°C la máxima y -6.8°C la mínima. Con una precipitación anual de 98 mm, 266 días de periodo libre de heladas.
2	Las temperaturas anuales medias máximas y mínimas son de 24,9°C y 8,5°C respectivamente y las absolutas de 47°C la máxima y -9.9°C la mínima. Con una precipitación anual de 134 mm, 240 días de periodo libre de heladas.
3	Las temperaturas anuales medias máximas y mínimas son de 26.4°C y 8.6°C respectivamente y las absolutas de 49°C la máxima y -13.2°C la mínima. Con una precipitación anual de 124 mm, 241 días de periodo libre de heladas.
4	Las temperaturas anuales medias máximas y mínimas son de 24.2°C y 10°C respectivamente y las absolutas de 45.5°C la máxima y -14°C la mínima. Con una precipitación anual de 138 mm, 235 días de periodo libre de heladas.

3.3.2) Influencia de la época de muestreo, año de producción, variedad y producción sobre la concentración de nutrientes en hojas.

Para llevar a cabo el objetivo 4 se utilizaron los mismo 100 cuarteles de olivo seleccionadas al azar pertenecientes a las 15 fincas, utilizados para determinar los valores de referencia del valle central de San Juan (objetivo 2).

De cada uno de estas 100 parcelas se contó con información de las concentraciones foliares de N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn, Cu, Fe, Na y B. Los muestreos de hoja se realizaron en dos períodos distintos, reposo invernal (Julio) y estival (enero, al transpolar el mes de julio utilizado en el hemisferio norte)

Para la valoración de la significación de los efectos de la época de muestreo (enero y julio) se efectuó mediante un análisis de la varianza (ANOVA) sobre la composición química de la hoja. Los datos utilizados para evaluar esta

variable fueron las medias de las 15 fincas, tomando los tres años que duró el ensayo como repetición, logrando en este caso 45 repeticiones por época de muestreo

La alternancia de producción (vecería) se determinó mediante la suma de las producciones anuales de los años 2005 -2007 que fueron años de alta carga (alta producción) y el año 2006 de baja carga de frutos (baja producción). La evaluación del efecto de esta variable (veceria) sobre las concentraciones foliares, se efectuó mediante un análisis de la varianza (ANOVA) sobre la composición química de la hoja. Los datos utilizados fueron de las 100 parcelas, tomando los años que duro el ensayo como repetición, logrando en este caso 200 repeticiones para años de carga y 100 para años de descarga, por época de muestreo

Para apreciar el efecto de las variedades sobre la concentración de nutrientes se utilizó un ANOVA. Dado que se evaluaron las 100 parcelas utilizadas en los análisis anteriores el número de repeticiones para cada variable clasificatoria (n para cada variedad) se muestran en la tabla 11. Este análisis se realizo por separado cada año evaluado y la interacción año por variedad, para cada época de muestreo.

Tabla 11. Numero de parcelas de cada variedad para los muestreos del invierno y verano en los años 2005, 2006 y 2007.

Variedad	Leccino	Empeltre	Koroneiki	Hojiblanca	Barnea	Frantoio
Nº parcelas	1	3	2	4	4	19
Variedad	Manzanilla	I 77	Picual	Arbequina	Changlot	TOTAL
Nº parcelas	10	4	15	34	4	100

Para evaluar producción en esta especie con marcada veceria (año de carga y descarga) se utilizó el promedio de cosecha de los años 2006 (descarga) y 2007 (carga) de cada una de las 100 parcelas. Estos valores fueron categorizados arbitrariamente en 7 niveles de producción, en los cuales se fueron ordenando según la producción de cada una de las parcelas (Tabla 12). Para la valoración de la significación de los efectos de la variable producción se

efectuó un análisis de la varianza (ANOVA) a partir de los datos promedios de las concentraciones de nutrientes correspondiente a los años 2006-2007.

Tabla 12. Categorización según la producción promedio de los años 2006 (descarga) y 2007 (carga). Valores de n para cada época de muestreo.

Nivel	Kg.ha-1	Valor n
1	0 a 1500	36
2	1501 a 3000	13
3	3001 a 6000	27
4	6001 a 9000	16
5	9001 a 12000	5
6	12001 a 15000	2
7	mas de 15001	1
TOTAL		100

3.4) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.4.1) Efecto de las diferentes zonas sobre la concentración de nutrientes en hojas.

Para analizar el objetivo 3, la tabla 13 muestra los resultados del análisis de la varianza (ANOVA) a partir de los datos medios de nutrientes en hojas de las 4 zonas, para los 3 años evaluados. En ella se observan diferencias significativas entre las zonas para los elementos como N, P, Mg y Mn en las dos épocas de muestreo. Otro elemento con diferencia sólo en el muestreo de julio es el Zn. Los elementos restantes no muestran diferencias significativas entre las zonas. Esto concuerda parcialmente con los datos obtenidos por Bouat (1960), Failla et al (1997), Fernández Escobar et al. (1999) y Marcelo et al. (2008) que al comparar olivares de diferentes zonas de Francia, Italia, España y Portugal respectivamente encontraron diferencias en la totalidad de los nutrientes analizados. Las investigaciones revelan la importancia del medio, comparado con otros factores, entendiéndose por “medio” la calidad del terreno, el clima y los manejos del cultivo.

Tabla 13. Valores medios para hojas tomadas en el mes de julio y enero para cada zona evaluada en el valle del Tulum. Análisis de la varianza comparando las 4 zonas evaluadas. Valores de p calculados para la concentración de nutrientes en hojas. Diferencias no significativas - $p > 0,05$; diferencias significativas - $p \leq 0,05$. Comparación de medias mediante test de Tukey, letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Nutriente	N (%)		P (%)		K (%)		Ca (%)	
Época	enero	julio	Enero	julio	enero	julio	enero	julio
Zona 1	1,70 ab	1,75 ab	0,16 ab	0,15 ab	1,15 a	0,99 a	1,34 a	1,66 a
Zona 2	1,69 ab	1,9 b	0,18 ab	0,17 b	1,28 a	0,94 a	1,51 a	2,32 a
Zona 3	1,48 a	1,63 a	0,15 a	0,13 a	1,17 a	0,96 a	1,42 a	1,84 a
Zona 4	1,73 b	1,94 b	0,21 b	0,18 b	1,22 a	0,89 a	1,60 a	2,30 a
Valor p	0,0155	0,0007	0,0183	0,0007	0,5825	0,2828	0,0899	0,0768
Nutriente	Mg (%)		Na (%)		Fe (ppm)		Mn (ppm)	
Época	enero	julio	Enero	julio	enero	julio	enero	julio
Zona 1	0,12 ab	0,13 a	0,08 a	0,08 a	80,89 a	80,23 a	30,17 a	33,60 a
Zona 2	0,13 b	0,14 a	0,07 a	0,06 a	83,26 a	85,27 a	31,69 a	37,65 a
Zona 3	0,11 a	0,12 a	0,08 a	0,08 a	82,11 a	91,21 a	30,11 a	32,67 a
Zona 4	0,18 c	0,21 b	0,06 a	0,05 a	97,70 a	86,89 a	43,09 b	53,46 b
Valor p	<0,0001	<0,0001	0,443	0,0459	0,1830	0,7385	<0,0001	<0,0001
Nutriente	Zn (ppm)		Cu (ppm)		B (ppm)			
Época	enero	Julio	enero	julio	enero	julio		
Zona 1	15,83 a	16,33 a	12,58 a	17,25 a	33,61 ab	25,24 a		
Zona 2	17,33 a	22,78 b	14,00 a	18,78 a	30,61 a	24,12 a		
Zona 3	16,93 a	17,80 a	15,93 a	20,80 a	38,04 b	25,41 a		
Zona 4	17,11 a	20,33 ab	7,67 a	14,78 a	34,30 ab	25,31 a		
Valor p	0,652	0,0017	0,1547	0,6946	0,0303	0,4234		

En el tabla 13 se observan las medias y la comparación de medias a través del test de Tukey ($p \leq 0,05$), para los elementos con diferencias significativas. Se advierte una clara separación entre la zona 3 y 4 en las concentraciones de N, P para los dos momentos de muestreo. Los valores de N para el muestreo de enero fluctuaron entre 1,48% y 1,73% para las zonas 3 y 4 respectivamente. En cambio la variación en el muestreo de julio fue de 1,63% y 1,94% entre las mismas zonas. Las variaciones en la concentración de P estuvieron dadas entre 0,15% y 0,21% en el muestreo de enero y 0,13% y 0,15% el muestreo de julio, para las zonas 3 y 4 respectivamente.

Con respecto al Mg y Mn se observan diferencias entre las zonas 1,2 y 3 con respecto a la 4, repitiéndose la misma tendencia en las dos épocas de

muestreo. Los valores de Mg muestran una fluctuación entre las zonas 3 con menor y 4 con mayor concentración, observándose valores como 0,11% - 0,18% y 0,12% y 0,21% para los muestreos de enero y julio respectivamente. La concentración de Mn en el muestreo de enero varía entre 30,1 ppm y 43,09 ppm, para las zonas 3 y 4, respectivamente. De igual forma, para julio la variación se da entre las mismas zonas, obteniendo valores mínimos y máximos entre 32,6 ppm y 53,4 ppm.

Con respecto al Zn se destaca una separación entre las zonas 1-3 (16,33 ppm) con respecto a la zona 2 con alta concentración (22,78 ppm) de este elemento para la época de julio. Por último, el nivel de B muestra una diferencia entre la zona 2 (30.61 ppm) y la zona 3 (38,04 ppm) para los análisis realizados en enero.

Si comparamos las concentraciones de nutrientes para cada una de las zonas con los valores estándar propuestos para San Juan (tabla 8), podemos informar que la zona 4 es la que posee los mejores niveles nutricionales. Debido a que presenta valores altos y normales en la mayoría de los nutrientes, exceptuando el Cu y K, en los muestreos de enero y julio respectivamente. La zona 2 se puede considerar como intermedia ya que posee valores altos de nutrientes como N, P y Zn en muestreos de julio y normales para el resto de los nutrientes en ambas fechas de muestreo. Por el contrario, las zonas 1 y 3 son las que se encuentran en peores condiciones debidas a que la zona 1 posee bajas concentración de nutrientes importantes como Mg y Zn, y la zona 3 de N y P. Además ambas zonas poseen altas concentración de Na, considerado un ión toxico, observándose daños irreversibles a partir de 0,4% (Chartzoulakis; 2005)

En consecuencia, estas tendencias nos inducen a afirmar que la conjunción de suelos profundos de texturas gruesas franco arenosas a arenosas, con temperaturas frescas y corto periodo libre de heladas son situaciones óptimas para que la planta de olivo logre valores de concentración de nutrientes en hojas que se acercan a los niveles normales y altos en todos los nutrientes analizados.

Por otra parte, la tabla 14 muestra de manera ordenada los niveles de nutriente obtenidos en hojas junto con su intervalo de confianza ($p=0.05$), para cada zona evaluada. En ella se observa que al generar un rango las diferencias estadísticas que existen entre las zonas son poco perceptibles. Esto indicaría que sería inadecuado en la práctica proponer diferentes valores estándar para las zonas evaluadas.

Tabla 14. Valores de nutrientes en hojas para cada zona evaluada, tomadas en el mes enero y julio en el valle del Tulum. Se presentan los valores máximos y mínimos del intervalo de confianza ($p \leq 0.05$).

Zona	1		2	
	Época		Época	
Elemento	Enero	Julio	Enero	Julio
N (%)	1,55 - 1,85	1,66 - 1,84	1,51 - 1,87	1,72 - 2,08
P (%)	0,14 - 0,18	0,14 - 0,13	0,14 - 0,22	0,13 - 0,21
K (%)	1,06 - 1,24	0,95 - 1,03	1,01 - 1,55	0,87 - 0,99
Ca (%)	1,21 - 1,47	1,53 - 1,79	1,39 - 1,63	1,76 - 2,88
Mg (%)	0,11 - 0,13	0,12 - 0,14	0,11 - 0,15	0,13 - 0,15
Na (%)	0,07 - 0,09	0,06 - 0,10	0,04 - 0,10	0,04 - 0,08
Mn (ppm)	28,26 - 32,08	30,28 - 36,92	29,73 - 33,65	34,34 - 40,96
Cu (ppm)	9,55 - 15,61	14,05 - 20,45	8,27 - 19,73	15,06 - 22,50
Zn (ppm)	14,33 - 17,33	14,49 - 18,17	15,16 - 19,50	18,19 - 27,37
Fe (ppm)	69,76 - 92,02	67,73 - 92,73	62,20 - 104,32	73,48 - 97,06
B (ppm)	30,74 - 30,77	23,76 - 26,72	26,36 - 34,86	22,42 - 25,82
Zona	3		4	
	Época		Época	
Elemento	Enero	Julio	Enero	Julio
N (%)	1,37 - 1,59	1,55 - 1,71	1,60 - 1,86	1,78 - 2,10
P (%)	0,14 - 0,16	0,12 - 0,14	0,16 - 0,26	0,16 - 0,20
K (%)	1,11 - 1,23	0,91 - 1,01	0,97 - 1,47	0,77 - 1,01
Ca (%)	1,28 - 1,56	1,60 - 2,08	1,36 - 1,84	1,36 - 3,24
Mg (%)	0,10 - 0,12	0,11 - 0,13	0,16 - 0,20	0,17 - 0,35
Na (%)	0,07 - 0,09	0,07 - 0,09	0,04 - 0,08	0,03 - 0,07
Mn (ppm)	27,67 - 32,55	30,23 - 35,11	33,98 - 52,20	42,22 - 64,70
Cu (ppm)	8,98 - 22,88	10,61 - 30,99	5,99 - 9,35	6,13 - 23,43
Zn (ppm)	15,08 - 18,78	16,35 - 19,25	14,61 - 19,61	17,67 - 22,99
Fe (ppm)	73,77 - 90,45	77,29 - 95,13	85,84 - 109,56	57,76 - 116,02
B (ppm)	34,83 - 41,25	24,55 - 26,27	28,51 - 40,09	24,08 - 26,54

3.4.2) Efecto de la época de muestreo sobre la concentración de nutrientes en hojas

Al evaluar la época de muestreo se observa diferencia significativa entre enero y julio para la mayoría de los elementos (tabla 15). Estas diferencias se corroboran si tenemos en cuenta las dinámicas de nutrientes a través del tiempo. Este contraste marca las diferencias de concentración de nutrientes entre los resultados obtenidos por Bouat (1960) y Nijensohn et al. (1996) en el reposo invernal con las de Nieto et al. (2006) y Freeman et al. (1994) tomados en el endurecimiento de carozo. Del mismo modo concuerdan con las conclusiones aportadas por Failla et al. (1997), Lacertosa et al. (1998) y Marcelo et al. (2008) quienes informaron diferencias entre las épocas de muestreo para la mayoría de los nutrientes testeados, tomando en las dos estaciones los mismos puntos de muestreo.

Tabla 15. Valores medios para hojas de olivo tomadas en el mes de julio y enero en el valle del Tulum. Análisis de la varianza comparando las 2 épocas de muestreo. Valor de repeticiones: 45 por época de muestreo. Valores de p calculados para la concentración de nutrientes en hojas. Diferencias no significativo - $p > 0,05$; diferencias significativas - $p \leq 0,05$.

Nutriente	Valor n	N(%)	P(%)	K(%)	Ca(%)	Mg(%)	Na(%)
Media Enero	45	1,63	0,17	1,2	1,46	0,13	0,08
Media Julio	45	1,78	0,15	0,95	1,98	0,15	0,07
Valor p		0,0023	0,0232	<0,0001	<0,0001	0,0411	0,467
Nutriente		Fe(ppm)	Mn(ppm)	Zn(ppm)	Cu(ppm)	B(ppm)	
Media Enero	45	85,29	33,04	16,76	13	34,62	
Media Julio	45	86,31	38,07	18,91	18,24	25,09	
Valor p		0,8284	0,0138	0,0069	0,0205	<0,0001	

Por consiguiente los datos indicarían que es necesario proponer valores estándar para las diferentes épocas de muestreos, y así contrastar los tenores de nutrientes en hojas con los valores estándar correspondiente a la época de muestreo. Si bien desde el punto de vista estadístico existen diferencias para algunos elementos como N, P y Mg, las mismas desde el punto de vista práctico podrían considerarse similares. Pero si se observan los valores de K, Ca, Mn, Zn,

Cu y B, los mismos varían lo suficiente entre ambas épocas de muestreo como para justificar proponer valores estándar diferenciados según la época.

3.4.3) Efecto del año de producción sobre la concentración de nutrientes en hojas

Con relación a los años de alta carga (2005-2007) y baja carga (2006) al comparar las medias de los años según su carga y separándolas por época de muestreo, la tabla 16 muestra diferencias significativas en K y Fe para muestras tomadas en enero. Todos los otros elementos se comportan de manera estable sin ser afectados por las características del año.

Esto datos se ajustan a los informados por Sibbet y Ferguson (2002) que demostraron en olivares de California que las concentraciones foliares de N y B no son modificadas por la carga pero si las de K. Estas diferencias también fueron observadas por Aybar et al (2008) en Catamarca, al sostener que la variación anual del contenido del K en hojas jóvenes es antagónica a la cosecha del ciclo productivo posterior. Esta tendencia en la concentración de K en hoja está fuertemente condicionada por el desarrollo de la aceituna en la que van acumulando importantes cantidades de K a lo largo del periodo de desarrollo del fruto (Pastor, 2005; Hidalgo et al., 2006). También concuerdan con los datos obtenidos en Turquía por Soyergins (2002), que coincide a su vez con Fernández-Escobar et al. (1999) en España. Estos últimos observaron que en los años de poca carga la concentraciones foliares de K eran mayores, al igual que en pistacho y citrus. Es por esto, que en la interpretación de la concentración de K en el análisis foliar se debe considerar el año de alternancia que se esta evaluando. En cambio, las diferencias fueron muy imperceptibles para los micronutrientes, por ende los autores no proponen modificación de los valores estándar para los diferentes años.

Tabla 16. Valores medios de nutrientes para hojas tomadas en el mes de julio y enero y análisis de la varianza comparando los años de carga y descarga. Valores de p calculados para la concentración de nutrientes en hojas. Diferencias no significativas - $p > 0,05$; diferencias significativas - $p \leq 0,05$. Comparación de medias mediante test de Tukey , letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Nutriente	N (%)		P(%)		K(%)		Ca(%)		Mg(%)			
	enero	julio	enero	julio	enero	julio	enero	julio	enero	julio		
Carga	1,62 a	1,76 a	0,16 a	0,16 a	1,12 a	0,93 a	1,46 a	2,01 a	0,13 a	0,15 a		
Descarga	1,63 a	1,81 a	0,19 a	0,14 a	1,35 b	0,96 a	1,44 a	1,92 a	0,12 a	0,14 a		
Valor p	0,9099	0,4712	0,0511	0,1434	0,001	0,3215	0,8036	0,6754	0,2778	0,8181		
Nutriente	Na(%)		Fe (ppm)		Mn (ppm)		Zn (ppm)		Cu (ppm)		B (ppm)	
	enero	julio	enero	julio	enero	julio	enero	julio	enero	julio	enero	julio
Carga	0,08 a	0,07 a	80,58 a	86,91 a	33,10 a	38,59 a	17,13 a	18,47 a	13,10 a	18,43 a	34,34 a	24,89 a
Descarga	0,07 a	0,08 a	94,24 b	84,86 a	32,90 a	37,02 a	16,00 a	19,80 a	12,80 a	17,87 a	35,18 a	25,48 a
Valor p	0,3409	0,2366	0,0233	0,7983	0,9361	0,6544	0,2281	0,3344	0,9147	0,8892	0,6754	0,3381

3.4.4) Efecto de la variedad sobre la concentración de nutrientes en hojas

Con respecto al posible efecto de las variedades sobre la concentración de nutrientes, en la tabla 17 y 18 se puede apreciar diferente comportamiento, como diferencias significativas en la interacción entre las variables solo en N y Fe para las muestras tomadas en julio. En cambio, se observan diferencias significativas entre las variedades y los años evaluados para elementos como P, K, Ca, Mg, Na, Mn y Zn en el muestreo de julio y N, P, K, Na y Zn en el muestreo de enero. Solo hay diferencias significativas entre variedades en nutrientes como Ca, Mg y B en el muestreo de la época estival. Y por último no existen diferencias significativas en elementos como B en julio y Cu en ambos muestreos. Estos datos difieren de lo informado por Bout (1960) quien al comparar valores de N, P y K en distintas variedades, manifiesta que los equilibrios fisiológicos representan una constante con el medio y no obligatoriamente con la variedad. No obstante, si coinciden con Jordao et al. (1999) al aseverar que los rangos de Fe son similares para las variedades evaluadas. Como así también, para los elementos restantes, en los cuales propone que se debe considerar la influencia de la variedad sobre el establecimiento de valores estándar. Al comparar estos datos con Marcelo et al. (2008) se observa una coincidencia, debido a que encontraron diferencias entre variedades, para el nitrógeno, potasio y calcio muestreados en la época de verano.

Tabla 17. Análisis de la varianza comparando variedades, años e interacción entre ambas variables. Época de muestreo mes de julio. Valores de p calculados para la concentración de nutrientes en hojas. Diferencias no significativas - $p > 0,05$; diferencias significativas - $p \leq 0,05$.

Nutriente	N	P	K	Ca	Mg	Na
Año	0,0631	0,0028	0,0537	<0,0001	0,0652	<0,0001
Variedad	0,0015	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0021	<0,0001
Año*Variedad	0,0208	0,9370	0,4978	0,3724	0,9999	0,5438
Nutriente	Fe	Mn	Zn	Cu	B	
Año	0,0022	0,0247	0,0381	0,5528	0,9905	
Variedad	0,1596	<0,0001	<0,0001	0,1320	0,7263	
Año*Variedad	0,0339	0,7104	0,6828	0,3261	0,1629	

Tabla 18. Análisis de la varianza comparando variedades, años e interacción entre ambas variables. Época de muestreo mes de enero. Valores de p calculados para la concentración de nutrientes en hojas. Diferencias no significativas - $p > 0,05$; diferencias significativas - $p \leq 0,05$.

Nutriente	N	P	K	Ca	Mg	Na
Año	0,0119	0,0392	<0,0001	0,4094	0,0804	<0,0001
Variedad	0,0265	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0394	<0,0001
Año*Variedad	0,9003	0,9563	0,0908	0,6551	0,9904	0,8237
Nutriente	Fe	Mn	Zn	Cu	B	
Año	0,0001	0,1809	<0,0001	0,3603	0,6279	
Variedad	0,0564	0,0001	<0,0001	0,0895	0,0103	
Año*Variedad	0,7566	0,3881	0,3547	0,8639	0,8542	

Como se observa, las diferencias encontradas entre las variedades están influenciadas por el año evaluado, es por ello que no se logra un patrón de conducta que lleve a inferir sobre algún comportamiento diferencial entre las variedades. Dimassi et al. (1999), señalaron que existe una acumulación diferencial de nutrientes a nivel foliar según la variedad, lo que indica una eficiencia diferenciada en la absorción y utilización de nutrientes. Dicho comportamiento podría ser atribuido a las diferencias en el índice de crecimiento de la raíz, longitud o superficie de la raíz, índice de absorción o transporte de nutrientes y eficiencia fotosintética.

3.4.5) Efecto de la producción sobre la concentración de nutrientes en hojas

Al relacionar el nivel de producción con la composición química de las hojas de olivo se observaron diferentes tendencias (tablas 19 y 20). En primer lugar, nutrientes como N, P, Na, Fe, Mn y Cu no mostraron diferencias entre los niveles de producción para las dos épocas de muestreos evaluadas (invierno y verano). Al contrario, elementos como Ca y Zn manifestaron diferencias en ambos periodos. Por último, elementos como K, Mg y B solo expresaron contrastes en el muestreo de enero.

En las tablas 19 y 20 se muestran las medias y la comparación de medias a través del test de Tukey ($p \leq 0,05$), en ellas se pueden observar tendencias disímiles para cada uno de los elementos evaluados. Esto se observa en trabajos como el de Jordao y Centeno (1999) que encuentran cultivares con

composiciones minerales a nivel foliar similares pero con producciones diferentes, como así también cultivares con producciones diferentes y composiciones similares.

Estas tendencias que no muestran una relación entre los niveles de producción con los contenidos de nutrientes se pueden explicar claramente por el tipo de cultivo, su moderno manejo, la exigencia de producción y las altas densidades de plantación. Debido a que la carga de fruta controla el crecimiento vegetativo de la planta, por lo que la relación hoja/fruta es mucho menor y la eficiencia del cultivo mayor en términos de rendimiento de materia seca por unidad de área foliar. Los frutos son un destino importante de nutrientes y fotoasimilados procedente de las hojas, que disminuyen su concentración foliar. En consecuencia, un alto rendimiento suele corresponderse con valores nutricionales en las hojas que son deficientes desde el punto de vista interpretativo del análisis. En frutales de pepita se han observado similares comportamientos (Sánchez, 1999). Si esta tendencia se repite en varios años sin afectar el rendimiento, puede afirmarse que la planta no presenta deficiencia alguna.

Tabla 19. Valores medios para hojas tomadas en el mes de julio para cada categoría de producción evaluada. Análisis de la varianza comparando las 7 categorías de producción. Valores de p calculados para la concentración de nutrientes en hojas. Diferencias no significativas - $p > 0,05$; diferencias significativas - $p \leq 0,05$. Comparación de medias mediante test de Tukey, letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Categoría	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	B(ppm)
1	1,66 a	0,13 a	1,01 b	1,44 a	0,13 a	0,10 a	83,96 a	33,42 ab	15,97 a	16,35 a	25,4 ab
2	1,65 a	0,14 a	0,91 ab	1,67 ab	0,13 a	0,09 a	79,50 a	30,46 ab	18,15 ab	20,42 a	25,19 ab
3	1,71 a	0,14 a	0,85 a	1,77 ab	0,14 a	0,10 a	80,61 a	33,69 ab	19,22 ab	19,26 a	24,31 a
4	1,80 a	0,14 a	0,86 ab	2,06 b	0,16 a	0,08 a	89,53 a	37,59 b	20,56 ab	16,09 a	23,63 a
5	1,77 a	0,13 a	0,89 ab	1,88 ab	0,15 a	0,08 a	87,40 a	34,00 ab	19,20 ab	18,30 a	26,50 abc
6	1,78 a	0,13 a	0,79 a	1,86 b	0,15 a	0,09 a	88,00 a	29,50 ab	20,50 ab	20,25 a	31,00 c
7	1,67 a	0,11 a	0,86 ab	2,03 b	0,16 a	0,08 a	114,00 b	24,50 a	22,00 b	14,50 a	29,50 bc
Valor de p	0,3812	0,9255	< 0,0001	< 0,0001	0,0159	0,4846	0,1039	0,3102	< 0,0001	0,8013	0,0362

Tabla 20. Valores medios para hojas tomadas en el mes de enero para cada categoría de producción evaluada. Análisis de la varianza comparando las 7 categorías de producción. Valores de p calculados para la concentración de nutrientes en hojas. Diferencias no significativas - $p > 0,05$; diferencias significativas - $p \leq 0,05$. Comparación de medias mediante test de Tukey, letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Categoría	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	B(ppm)
1	1,56 a	0,16 a	1,22 a	1,25 a	0,12 a	0,10 a	86,47 a	31,56 a	14,81 a	11,13 a	35,90 b
2	1,60 a	0,17 a	1,22 a	1,43 ab	0,12 ab	0,09 a	82,04 a	28,35 a	17,46 ab	15,00 a	39,88 b
3	1,72 a	0,16 a	1,15 a	1,39 ab	0,12 ab	0,08 a	86,28 a	32,15 a	18,11 ab	17,70 a	36,87 b
4	1,68 a	0,17 b	1,18 a	1,62 bc	0,13 ab	0,07 a	87,78 a	34,09 a	18,56 ab	18,16 a	35,81 b
5	1,62 a	0,16 a	1,27 a	1,57 ab	0,13 ab	0,06 a	76,90 a	34,90 a	20,00 b	19,50 a	39,20 b
6	1,79 a	0,13 a	1,12 a	1,76 b	0,14 ab	0,07 a	72,25 a	31,25 a	20,50 b	26,50 a	40,00 b
7	1,61 a	0,11 a	1,10 a	1,55 ab	0,15 b	0,06 a	69,00 a	26,00 a	19,00 b	21,00 a	24,00 a
Valor de p	0,2900	0,6222	0,4316	< 0,0001	0,1460	0,1705	0,6690	0,2785	< 0,0001	0,0653	0,3795

CAPITULO 4

4.1) CONCLUSIONES

El periodo fenológico apto para el muestreo foliar debe decidirse en base a la combinación de varios factores para que resulte lo más representativo posible del estado nutritivo del árbol. Debe ser un periodo relativamente largo, con estabilidad de la mayoría de los nutrientes en hoja. Lo ideal es que se efectúe el diagnóstico una sola vez al año.

Al analizar los dos periodos recomendados por otros autores se observa que, el periodo invernal en nuestra región corresponde a un período muy corto, en el cual los elementos no llegan a estabilizarse horizontalmente a través del tiempo. De lo contrario, la esclerificación del endocarpo (principio de diciembre) corresponde a un punto singular muy marcado (mínimos), aunque desde el punto de vista práctico no es tan fácil de determinar y de muy corta duración. Luego del análisis de las dinámicas de nutrientes realizadas, se observa en este periodo la culminación de la caída de las concentraciones desde floración y brotación, en la mayoría de los elementos analizados. Esta etapa ofrecería una ventaja a la hora de diagnosticar el estado nutritivo del olivar, ya que en la mayoría de los elementos los niveles se encuentran en un mínimo. Este piso inferior en los niveles de nutrientes es fundamental para fijar pautas de fertilización, ya que son los niveles de nutrientes que hay que elevar si existe carencia mediante dicha práctica.

En conclusión, es lógico que para cada nutriente exista un momento óptimo de toma de muestra y no resulta acertado generalizar el muestreo en un único momento para la totalidad de los elementos. No obstante, lo ideal y más práctico es llegar a recomendar un período para la toma de muestras, sabiendo perfectamente cual es la situación en que se encuentra cada uno de los nutrientes a evaluar, y así realizar un diagnóstico acertado. También es necesario evaluar si hay coincidencia en la época de muestreo para los minerales que son claves en la producción, o que por nuestras características de suelo se sospechan que son crítico, como el N,K y Zn.

El resumen de los datos obtenidos en las cuatro campañas, permiten afirmar que para el olivar de la variedad Arbequina ubicada en una zona temprana del Valle del Tulum, el período previo a la floración es el ideal para el muestreo foliar. Es por ello que se rechaza la hipótesis 1 la cual afirma que *“la época de muestreo foliar en los meses de noviembre y diciembre (endurecimiento del endocarpio) es la más adecuada para realizar un correcto diagnóstico nutricional”*. En la zona evaluada este período (prefloración) ocurre en el mes de octubre dependiendo del año. En esta época de muestreo se contará principalmente con los valores estables y mínimos de N, P, K, Na; Cu, Zn y Mn. Los otros elementos como B, Ca, Mg y Fe no se encuentran en un periodo de estabilización de sus concentraciones.

Esta época de muestreo, presenta desventajas, ya que desde el punto de vista práctico no es un momento tan fácil de determinar y de muy corta duración. Asimismo no se cuenta con valores de referencia a nivel local para esa época, también los datos obtenidos son para una variedad y sitio específico, y por último el valor diagnóstico solo alcanza para medir respuestas y no como herramienta para planificar la fertilización anual.

La comparación de la concentración de nutrientes en hojas con lo propuesto por otros autores, permite observar que para ambas épocas de muestreo los valores medios de N en hoja se sitúa como bajo, el K como alto y medio para el resto de los elementos, pero siempre incluidos en los rangos propuestos en otras zonas olivícolas. En consecuencia se rechaza la hipótesis 2 que afirma *“una discrepancia entre los valores de referencia para la olivicultura intensiva local y los propuestos para otras zonas olivícolas del mundo, debidos a las condiciones agroclimáticas propias de San Juan”*.

Cabe destacar que los datos obtenidos son promedios de las 100 parcelas evaluadas. Para corroborar los valores de referencia obtenidos (tabla 8) para el valle del Tulum, se proponen sucesivos ensayos sobre respuesta a la fertilización, que logren alterar la concentración en hojas para relacionarla con respuestas vegetativas y productivas. Principalmente en un elemento importante y limitante como es el N.

Los valores de referencia obtenidos corresponden al mes de enero y julio y son datos son útiles en zonas tardías del valle del Tulum, ya que como se observó al analizar la dinámica de nutrientes, el proceso de endurecimiento del endocarpio no se registra al mismo tiempo en todo el valle.

Al analizar la dinámica de nutrientes, se observa una máxima estabilidad analítica en el período desde la segunda quincena del mes de octubre hasta la primera quincena del mes de noviembre, momento óptimo para el muestreo foliar, pero sin valores de referencia a nivel local. Es por eso que a los fines prácticos, los valores medios de cada nutriente informados en invierno se encuentran en un rango pequeño y pueden ser tomados por el momento como valor estándar. En invierno, se puede actuar con mucho más tiempo en la toma de muestras, este tiempo suficiente para que los laboratorios informen los resultados y se puede planificar la fertilización anual.

El análisis de las concentraciones de nutrientes en hoja de cada zona delimitada por sus características de clima y suelo, permite observar diferencias sólo para algunos de los elementos evaluados. Esto indica que la hipótesis 3 solo puede ser aceptada parcialmente debido a que la afirmación *“la concentración media de nutrientes en hojas de olivo son diferentes dentro del valle central de San Juan, por la heterogeneidad de condiciones agroclimáticas y de suelos”* es incorrecta para la totalidad de los elementos evaluados. Esta aseveración solo se ajusta para nutrientes como N, P, Mg y Mn en las dos épocas de muestreo, Zn para los muestreos realizados en invierno y B para los elaborados en enero.

Si bien se detectaron diferencias estadísticas entre las zonas para algunos nutrientes, al generar intervalos de confianza ($p=0.05$) y obtener niveles de concentración normales de nutrientes, se observa que la mayoría de los valores están incluidos en el mismo rango sugerido para los de referencia para la olivicultura intensiva local (tabla 8). Esto indica que sería inadecuado en la práctica proponer diferentes valores estándar para las zonas evaluadas.

De la evaluación de la primera variable de influencia sobre la concentración de nutrientes en hojas, claramente se deduce que los valores de

referencia están afectados por la época de muestreo. Es por ello que, al realizar un diagnóstico nutricional sobre el monte de olivos, los tenores de nutrientes obtenidos se deben contrastar con la tabla de valores de referencia para esa época de muestreo. Por consiguiente, se crea la necesidad de obtener dos tablas de comparación, una para cada fecha de recolección propuesta (endurecimiento del endocarpio y reposo invernal). Por eso todos los valores de referencia propuestos anteriormente se presentan de manera separada según la época correspondiente de muestreo.

Las características climáticas del año en evaluación, influyeron en el desarrollo y expresión del cultivo. Esto trae aparejada una fuerte alternancia en la producción. Al comparar las concentraciones de nutrientes en hojas con respecto al año de carga y descarga, se observaron diferencias significativas en potasio y hierro en las muestras tomadas en enero. Dichas diferencias son demasiado pequeñas en hierro para justificar la alternancia en la producción de frutos. Por lo contrario, al observar los datos de potasio en los diferentes años se justifica diferenciar los valores de referencia según el tipo de carga (tabla 21), sobre todo si se tiene en cuenta la importancia de este elemento en la lipogénesis y las referencias sobre los cambios producidos en la concentración debido a la producción. Esta separación es muy importante para tener en cuenta el piso inferior de los niveles en potasio para los años de carga. Esto dará referencias para fijar pautas de fertilización, ya que es el nivel que hay que elevar para aportar al equilibrio nutricional.

Tabla 21. Valores medios de K en hojas para años de diferente carga, tomadas en el mes enero en el valle del Tulum. Se presentan los valores máximos y mínimos del intervalo de confianza ($p \leq 0.05$).

Año	carga	Descarga
K (%)	1,07-1,16	1,17-1,52

Con respecto a la variable genética evaluada (variedad) se observaron diferencias estadísticamente significativas en la mayoría de los elementos, pero no se encuentra un patrón de conducta que nos lleve a inferir sobre algún comportamiento diferencial entre las variedades. Esto da indicio para nuevos estudios sobre respuestas vegetativas y productivas a la fertilización, sobre

variedades que muestran valores deficientes en algunos elementos. Los valores medios de nutrientes (tabla 18) no surgen grandes diferencias que justifiquen obtener valores de referencia para cada variedad.

Las particularidades de manejo y las condiciones agroclimáticas influyeron directamente sobre la productividad de los montes, sobre todo en los cultivos evaluados, los cuales poseen un alto nivel tecnológico, altas densidades y exigencia productiva. Es por esta razón que al contrastar la productividad de los montes con la composición química de la hoja se observaron diferencias. Aquellos montes con altos rendimientos, los frutos pasan a ser un destino muy demandante de nutrientes que se nutren a expensas de las hojas, disminuyendo la concentración de nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, manganeso, hierro, boro y cobre. En consecuencia, un alto rendimiento suele asociarse con valores nutricionales en las hojas que pueden llegar a ser bajos y hasta deficientes desde el punto de vista interpretativo del análisis. Si esta tendencia se repite en varios años sin afectar el rendimiento, puede afirmarse que la planta no presenta deficiencia alguna y el programa anual de fertilización no debería considerar un agregado extra de fertilizante. Además, que los montes productivos en la gran mayoría son árboles de gran expresión vegetativa, lo que puede provocar un efecto de dilución de los nutrientes en las hojas que suele confundirse con deficiencias que en la práctica no existen.

En base al resumen de todos los efectos de las variables evaluadas se acepta parcialmente la hipótesis 4, la cual afirma: *“la concentración media de nutrientes es afectada por los efectos metodológicos (época de muestreo), variables ambientales (año), genéticos (cultivar) y de manejo (producción)”*. Esto se debe a que no todos los nutrientes se comportan de igual manera ante la misma variable.

Por último, este estudio aporta información a los escasos y divergentes antecedentes a nivel mundial sobre la nutrición mineral del olivo. Confirma los efectos asociados a la metodología de muestreo, variables ambientales (año), genéticos (cultivar), de manejo (producción), fertilidad y características físicas de suelo sobre las concentraciones de nutrientes en hoja. Es posible afirmar que el olivo es altamente afectado por las características edafo-climáticas en la que se

encuentra cultivado, y que el árbol de olivo tiende a un equilibrio nutricional específico de acuerdo con las condiciones dominantes. Los datos que se presentan permiten definir la mejor fecha de muestreo para realizar el diagnóstico nutricional y ajustar los programas de fertilización del olivo. En esta tesis se aporta información sobre los períodos fisiológicos de mayor absorción y demanda de nutrientes en olivo, indicando donde los árboles deben nutrirse de aquellos minerales esenciales en el momento adecuado. Esta experimentación local confirma que el análisis foliar puede cumplir con su rol de método de diagnóstico nutricional, ya que se determinó el momento adecuado de muestreo y los umbrales bajo condiciones locales. Esto permite ajustar el manejo del cultivo por zona, en búsqueda de aprovechar las potencialidades del olivo en lo que se refiere a su capacidad productiva y buena calidad de producto sin provocar desequilibrios fisiológicos. Asimismo, la principal región productora de olivo del país dispondrá de información acerca de posibles variaciones del comportamiento nutricional de las principales variedades, como así también aporta conocimientos sobre las variables que están asociadas a altos rendimientos en la producción. Por último, sienta las bases para lograr un mejor manejo nutricional de la especie teniendo en cuenta un enfoque económico-productivo y ambiental.

5) BIBLIOGRAFIA

- Abraham, E. Martínez, F.(Ed.). (2000). Recursos y Problemas Ambientales de la Zona Árida. Instituto Argentino de Investigación de las Zonas Áridas. Mendoza, pp.71-78
- Aybar, V. Gomez, P. Bravo, M. Herrera, R. Vergara Avalos, L. (2008). Variation of potassium contents in young olive leaves (*olea europaea* L.) of Coratina cultivar and its relationship with crop yield. Catamarca (Argentina). The six international symposium on olive growing. Evora, Portugal, 9-13 de september. Resumos, pp. 149.
- Ben Rouina, B. Trigui, A. (2002). Effect of tree Growth and Nutrients Status of “Chemlali de Sfax” olive Trees and Their Productivity. Proc. 4th IS. On olive growing. Acta Hort. 586, 349-352.
- Bravo, M. Gomez, P. Kaen, R. Montalvan, D. (2005). Determinación de la época de estabilización nitrógeno, fósforo y potasio foliar en olivos cv. Coratina del valle central de la provincia de Catamarca. 4ª Jornadas de Producción Científica. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Catamarca. Argentina.
- Bremner, J. Mulvaney, C. (1982). Total Nitrogen. In Page at al. (eds). Methods of soil analysis. Part 2. Second Edition Agronomy. Am. Soc. of Agron. Madison, Wis. 9, 595-624.
- Bouat, A. (1960). El abonado del olivo. Fertilité.10, 13-25.
- Bould, C. (1966) Leaf análisis of deciduous fruits. En: Childers, N. (Eds), Fruit nutrition. Horticultural Publications, New Jersey. pp. 651-684.
- Civanto, L. (1998). La olivicultura en el mundo y en España. En: Barranco, D. Fernandez-Escobar, R. y Rallo, L.(Eds.), El cultivo del olivo. Mundi-Prensa, Madrid, pp. 23-33.
- Chapman, H. (Ed.). (1966). Diagnostic criteria for plants and soils. Div. of Agric. Science. University of California, Berkeley, California. pp 793.
- Chartzoulakis, K. (2005). Salinity and olive: Growth, salt tolerance, photosynthesis and yield. Agricultural Water Management 78, 108–121

- Cheheb, H. Mechri, B. Bem, M. Braham, M. Hamami, M. Bem, E. (2008). Seasonal dynamic and distribution of carbohydrate in source and sink organs of table olive trees (*olea europaea* L. Cv Meski and Picholine)The reliability of critical foliar nitrogen concentrations established in olive. The six international symposium on olive growing. Evora, Portugal, 9-13 de September. Resumos, pp. 115.
- Connell, J. Ferguson, L. Sibbett, G. Krueger, W. (2002). Effects of Foliar Application of Urea on Olive Leaf Nitrgeno, Growth, And Yield. Proc. 4th IS. On olive growing. Acta Hort. 586, 251-254.
- Dichio. B. Romano, V. Nuzzo, V. Xiloyannis, C. (2002). Soil Water Availability and Relationship between Canopy and Roots in Young Olve Trees (cv Coratina). Proc. 4th IS. On olive growing. Acta Hort. 586, 255-258.
- Dimasi, K. Terrizo, I. Passalis, A. (1999). Genotypic Effect on Leaf Mineral Levels of 17 Olive Cultivars Grown in Greece. 3rd int. ISHS Symp. On olive growing. Acta Hort. 474, 345–348.
- Dominguez Vivanco, A. (1998). (Eds.), Tratado de fertilización. Mundi-Prensa, Madrid, pp. 465-473.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2004) Base de datos estadísticos de la FAO. <http://www.faostat.fao.org>
- Failla, O. Scienza, A. Stringari, G. (1997). Diagnostica fogliare per l' olivicultura toscana. L'Informatore Agrario. 39, 63 - 71.
- Fernandez-Escobar, R. (1998). Fertilización. En: Barranco, D. Fernandez-Escobar, R. y Rallo, L.(Eds.), El cultivo del olivo. Mundi-Prensa, Madrid, pp. 229-249.
- Fernandez-Escobar, R. Garcia Barragán, T. Benlloch, M. (1994). Estado Nutritivo de las Plantaciones de Olivar en la Provincia de Granada. ITEA. 90 (1), 39-49.
- Fernandez-Escobar, R. Moreno, and M. Garcia- Creus. (1999). Seasonal change of mineral nutrientes in olive leaves during the alternate-bearing cycle. Scientia Horticulturae. 82, 25-45.
- Fernández-Hernández, A. Beltrán,G. Fernández-Escobar, R. (2007). Floral analysis cannot be considered as an alternative to the foliar diagnosis in the olive. Scientia Horticulturae 112, 23–26.

- Fernandez, J. Moreno, F. Cabrera, F. Arrue, L. (1991). Drip Irrigation, soil characteristics and the root distribution and root activity of olive trees. *Planta soil* 133, 239-251.
- Ferreira, J., Garcia-Ortiz,A., Frias,L. (1986). Los nutrientes N, P, K en la fertilización del olivar. *Olea*. 17, 141-152.
- Freeman, M., Urdu, K., Hartmann, H.T. (1994). Diagnosing and Correcting Nutrient Problem. En: Ferguson, L.. Sibbett; G. Martin G.(Eds.), *Olive Produccion Manual*. Univerity of California, USA, pp.77-86.
- Gerampines, K. Therios, I. Noitsakis, A. Patakas, A and Molassiotis, A. (2008). Adaptive responses of olive trees (*olea europaea L.*) to water deficit: water relations, photosynthesis and mineral nutrient imbalance. The six international symposium on olive growing. Evora, Portugal, 9-13 de september. Resumos, pp. 108.
- Gisper Folch, J. (2005). Fertirrigación del Olivar. Manejo de nutrientes, agua e instalaciones. *Fruticultura Profesional*. 151, 17-31.
- Gros, A. Dominguez Vivanco, a. (1992). (Eds.), *Abonos*. Mundi-Prensa, Madrid, 280p.
- González, M. del Bono, B. Pizarro, O. (1974). Fertilización del olivo en San Juan con elementos mayores. Segunda reunión nacional de fertilidad y fertilizantes. Sociedad Científica Argentina. Buenos Aires, Argentina, 4-6 de diciembre. Resumen, pp. 348.
- González, M. (1992). Guía tentativa para el calculo de la exigencia de fertilización de acuerdo a la disponibilidades de N, P, K del suelo. Folleto N° 107. INTA Mendoza.
- Guerrero García, A. (1997). (Eds.), *Nueva olivicultura*. Mundi-Prensa, Madrid, 450p.
- Hidalgo, J. Frutos, I. Nieto, J. Cadahia, C. Vega, V. Pastor, M. (2006). Fertilizacion Potasica en Olivares de Regadío de la Variedad Picual. *Fruticultura Profesional*. 161, 107-111.
- INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (1988). Censo Nacional Agropecuario 1988. <http://indec.gov.ar>
- INDEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2002). Censo Nacional Agropecuario 2002. <http://indec.gov.ar>.
- Jackson, M. (1964). *Análisis químico de suelos*. 3rd ed. Omega, Barcelona.

- Jordao, P. Centeno, M. (1999). Effect of Cultivar on Leaf-Mineral Composition of Olive Tree. Proc. 3rd int. ISHS Symp. On olive growing. Acta Hort. 474, 349–351.
- Klein, I. Weinbaum, S. (1984). Foliar Application of Urea to Olive: Traslocation of urea Nitrogeno as Influenced by Sink Demand and Nitrogeno Deficiency. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(3), 356-360.
- Lacertosa, V. Castoro, N. Montemurro, N. Palazzo, D. Pipino, V. (1998). Stato nutrizionale Dell olivo e fertilitá dei terreni. L'Informatore Agrario. 15, 110 - 112.
- Lindsay, W. Norvell, A. (1978). DTPA soil test for Zn, Fe, Mn, and Cu. Soil Sci. Soc. Am. J., 42, 421-428.
- Liotta, M. (2000). Los suelos del valle de Tulum, Ullum y Zonda. <http://www.inta.gov.ar/sanjuan>.
- López-Granados, F. Jurado-Expósito, M. Álamo, S. García-Torres, L. (2004). Leaf nutrient spatial variability and site-specific fertilization maps within olive (*Olea europaea* L.) orchards. Europ. J. Agronomy. 21, 209–222.
- Marcelo, E. Jordão, P. Caluro, F. Santinho, J. Curado, F. Neves, N. Fernandes, P. Gomes P. Simão, P Piçarra, I. Santos, L. (2008). Reference values for leaf-analysis of oleo europaea L. “Galega” and “Cabrançosa”. The reliability of critical foliar nitrogen concentrations established in olive. The six international symposium on olive growing. Evora, Portugal, 9-13 de september. Resumos, pp. 141.
- Matt, J; Chuah, H.; Neufeld, J. (1975). Application of improved Azomethine-H method to the determination of boron in soils and plants. Anal Letts. 8(8): 559-568.
- Michelakis, N. (2002). Olive Orchard Management: Advances and Problems. Proc. 4th IS. On olive growing .Acta Hort. 586, 239-244.
- Molina-Soria and Fernande –Escobar, R. (2008). The reliability of critical foliar nitrogen concentrations established in olive. The six international symposium on olive growing. Evora, Portugal, 9-13 de september. Resumos, pp. 103.
- Navarro, C. Parra, M. (1998). Plantación. En: Barranco, D. Fernandez-Escobar, R. y Rallo, L.(Eds.), El cultivo del olivo. Mundi-Prensa, Madrid, pp. 165-195.

- Nelson, D. Sommers, L. (1982). Total carbon, organic carbon and organic matter. In: A.L. Pag (Ed) *Methods of Soil Analysis, Part 2*, Amer. Soc. Agron. 9, 539-579.
- Nieto, J. Arroyo, P. Hidalgo, J. Hidalgo, J. Pastor, M. (2006a). Determinación del Momento Oportuno de Muestreo. *Fruticultura Profesional*. 161, 61-68.
- Nieto, J. Vidal, P. Arroyo, P. Hidalgo, J. (2006b). Niveles de referencia para la interpretación de los resultados del análisis foliar en olivares de regadío de la variedad Picual en la comarca de La Loma (Jaen). *Fruticultura Profesional*. 161, 101-106.
- Nijensohn, L. Avellaneda, M. Pizarro, O. Olmos, F. (1972). Empleo de soluciones bicarbonatadas sódicas en el diagnóstico del nivel de fósforo disponible en suelos mendocinos de riego. *Revista F.C.A. Universidad Nacional de Cuyo, Argentina*, XVIII (2): 119-126.
- Nijensohn, L. Maffei, J. (1996). Fertilización del olivo regadío en suelos aluvionales. II Diagnostico foliar N, P, K . *Revista de la Fac. Ciencias Agrarias U.N. Cuyo*. XXVII (1): 1-13
- Nijensohn, L. Pilasi, H. (1962). Correlación entre el contenido de agua a pF0, volumen de sedimentación y porcentaje de arcilla. *Resúmenes de trabajos y comunicaciones. 2da Reunión Argentina y 1er Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo*.
- Palese, A. Celano, G. Dichio, B. Xiloyannis, C. (1997). Esigenze nutrizionali dell olivo un fase di allevamento. *L'Informatore Agrario*. 44, 35 – 40.
- Pastor, M. (2005). (Eds), *Cultivo del olivo con riego localizado*. Mundi-Prensa, Madrid, pp. 477-504.
- Prevot, P. Buchmann, B. (1960). Diagnostico foliar del olivo en regadío. *Fertilité*. 10, 3-11.
- Rosecrance, R. Weinbaum, S. Brown, P. (1998) Alternate Bearing Affects Nitrogen, Phosphorus, Potassium and Starch Storage Pools in Mature Pistachio Trees. *Annals of Botany* 82, 463-470.
- Sánchez, E.(1999). (Eds.), *Nutrición Mineral de Frutales de pepita y Carozo*. INTA, Argentina, pp. 73-83
- Sanz, M. and Montañés, L. (1995). Flower analysis as a new approach to diagnosing the nutritional status of the peach tree. *Journal of Plant Nutrition* 18:1667-1675.

- SAGPyA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (2004) Informe del sector olivarero. En: Subsector productor de aceite de oliva. Dirección Nacional de Alimentos, <http://www.alimentosargentinos.gov.ar>. Argentina.
- SAGPyA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos (2008) Informe del sector olivarero. En: Subsector productor de aceite de oliva. Dirección Nacional de Alimentos, <http://www.alimentosargentinos.gov.ar>. Argentina.
- Shuang, H. Li-Song, C. Huan-Xin, J. Brandon, R. Lin-Tong, Y. Cheng-Yu, X. (2008). Boron deficiency decreases growth and photosynthesis, and increases starch and hexoses in leaves of citrus seedlings. *Journal of Plant Physiology* 165, 1331—1341.
- Shuang, H. Ning, T. Huan-Xin, J. Lin-Tong, Y. Yan, Li, Li-Song, C. (2009). CO₂ assimilation, photosystem II photochemistry, carbohydrate metabolism and antioxidant system of citrus leaves in response to boron stress. *Plant Science* 176 , 143–153.
- Sibbet, G. Ferguson, L. (2002). Nitrogeno, Boron, and Potassium Dynamic in “On” vs “Off” Cropped Manzanillo Olive Trees in California, USA. Proc. 4th IS. On olive growing. *Acta Hort.* 586, 369–373.
- Soil Survey Staff. (2006). Keys to Soil Taxonomy, 10th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
- Soyergin, S. (2002). Studies on Nutrient Contents and Seasonal Element Fluctuation of the Olive Variety Gemlik in Bursa Area. Proc. 4th IS. On olive growing. *Acta Hort.* 586, 405–407.
- Soyergin, S. Moltay, I. Genc, C. Fidan, A. Sutcu, A. (2002). Nutrient Status of Olives Grown in the Marmara Region. Proc. 4th IS. On olive growing. *Acta Hort.* 586, 375–379.
- Tabatabaei, S. (2006). Effects of salinity and N on the growth, photosynthesis and N status of olive (*Olea europaea* L.) trees. *Scientia Horticulturae* 108, 432–438.
- U.S. Salinity Laboratory Staff. (1960). Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Manual 60. Washington, pp.160.
- Vita Serman, A. Battistella, M. Estévez, C. Efecto del riego en vid con aguas de alto contenido en boro. XII Congreso Latinoamericano y XXVIII Congreso Argentino de Horticultura.

Watanabe, F. Olsen, S. (1965). Test of ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts from soil. Soil Science Society of America Proceedings, pp. 677-678.