



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO NEGRO

Aplicación de diferentes dosis de urea foliar en el cultivo de avellano (*Corylus avellana* L.) en el Valle Inferior de Río Negro.

**Trabajo final para la obtención de título de la
especialización en frutos secos**

Ing. Agr. Fuente, Gastón Eduardo

Director: Ing. Agr. Martínez, Roberto Melchor

Co-director: Lic. Martin, Dario Miguel

INDICE

Resumen	3
1 INTRODUCCION	4
1.1 <i>Importancia de la temática</i>	4
1.2 OBJETIVOS	7
2 ANTECEDENTES	8
2.1 <i>Importancia de la fertilización nitrogenada</i>	8
2.2 <i>Modo de acción del N en las hojas frutales</i>	9
2.3 <i>Uso de la fertilización foliar</i>	10
2.4 <i>Nutrición nitrogenada en el avellano</i>	12
2.5 <i>Fitotoxicidad</i>	13
3. MATERIALES Y METODOS	15
3.1 <i>Área de estudio</i>	15
3.2 <i>Descripción metodológica del ensayo</i>	16
3.3 <i>Mediciones</i>	19
3.3.1 <i>Evaluación de daño en hojas.</i>	19
3.3.2 <i>.Concentración de nitrógeno total en hojas</i>	
3.3.3 <i>Efecto de la aplicación de urea con insecticida sobre el control de pulgón</i>	21
4. RESULTADO Y DISCUSIÓN	22
4.1 <i>Calidad de la aplicación.</i>	22
4.2 <i>Evaluación de daño en hojas</i>	24
4.2.1 <i>Daño en hojas luego de la primera aplicación</i>	24
4.2.2. <i>Daño en hojas luego de la segunda aplicación</i>	25
4.2.3 <i>Daño en hojas luego de la tercera aplicación</i>	27
4.3 <i>Concentración de nitrógeno total en hoja.</i>	33
4.3.1 <i>Concentración de N antes y después de la primera aplicación</i>	33
4.3.2 <i>Concentración de N antes y después de la segunda aplicación</i>	34
4.3.3 <i>Concentración de N antes y después de la tercera aplicación</i>	35
4.4 <i>Efecto de la aplicación de urea foliar con insecticida sobre el control de pulgones.</i>	36
5. CONCLUSIONES	37
BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXO 1	40

Aplicación de diferentes dosis de urea foliar en el cultivo de avellano (*Corylus avellana* L.) en el Valle Inferior de Río Negro.

Resumen

La urea es el fertilizante nitrogenado más utilizado en aplicaciones foliares sobre frutales. Sin embargo, en avellano es una práctica poco difundida y se desconocen las dosis para su aplicación. El objetivo del trabajo fue evaluar la aplicación de distintas dosis de urea foliar en dos momentos del cultivo *Corylus avellana* L. cv. 'Tonda di Giffoni'. Se realizaron dos aplicaciones en primavera y una en otoño. En ambos casos, se aplicaron las siguientes dosis: 2%, 4%, 6%, 8% y 10%. En primavera se adicionó un tratamiento de urea foliar al 4% en combinación con insecticida (*imidacloprid*). Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con cinco repeticiones (árboles) por tratamiento. Se midió la concentración de nitrógeno total (Nt) en hojas, antes y después de cada aplicación, y se determinó el porcentaje de área foliar necrosado (AFN) a los cuatro días de las aplicaciones, a partir de muestras de 50 hojas analizadas con el software ImageJ[®] versión 1.49v. En primavera, las concentraciones de Nt en hojas se incrementaron con aplicaciones superiores al 4%, mientras que en otoño se incrementó solamente con la aplicación al 2%. El máximo contenido de Nt en hojas se registró en la segunda aplicación primaveral (2,91%) con la dosis del 10%. En primavera, se observaron daños en hojas luego de la segunda aplicación y con dosis del 8% y 10% (2% y 7% de AFN, respectivamente). En otoño, todos los tratamientos afectaron las hojas, observándose severas necrosis con dosis superiores al 8%. La aplicación foliar de urea en concentraciones entre el 4 y 6% no generaron daños en hojas y podría ser un complemento de abastecimiento de nitrógeno en primavera

1 INTRODUCCION

1.1 Importancia de la temática

Las principales áreas de cultivos de avellanas en el mundo se concentran en las zonas del Mar Negro (Turquía y Georgia), del Mediterráneo (Italia y España) y del Caspio (Azerbaiyán, Irán), como así también en la zona del noroeste de Estados Unidos (Oregón) (Rolka *et al.*, 2014). Según FAO en el 2016 la producción mundial de avellana alcanzó 743.455 toneladas en 661.514 ha cosechadas.

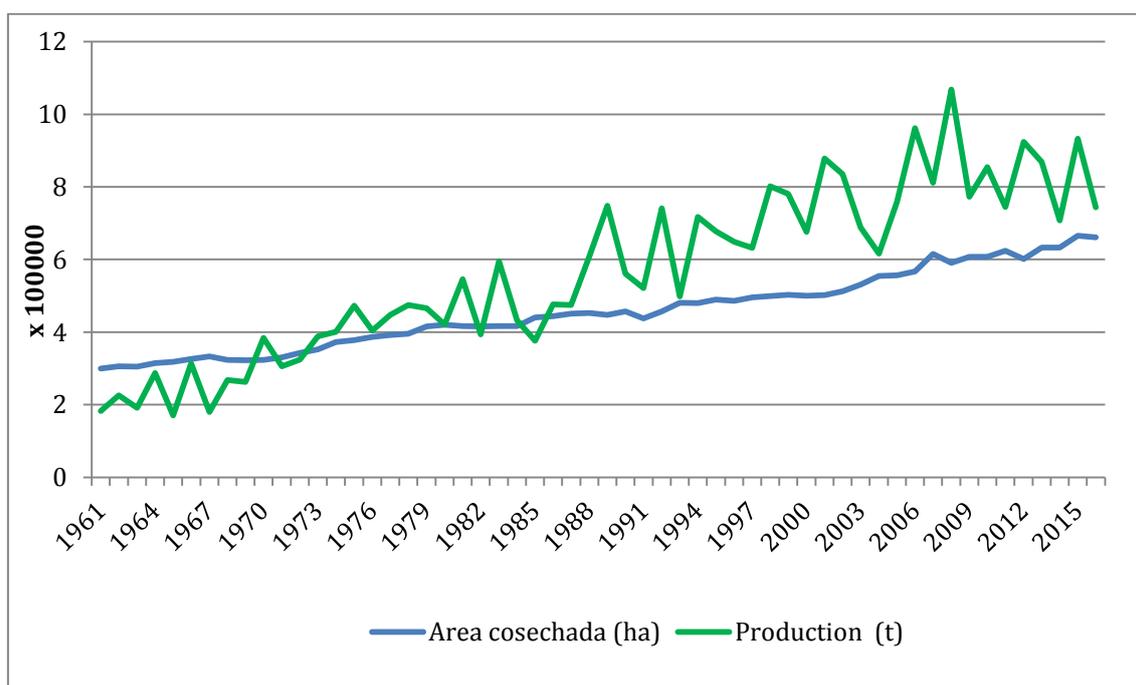


Figura 1. Evolución de la producción mundial de avellanas con cáscara (toneladas) y superficie cosechada (hectárea).

La cantidad de hectáreas de avellanas cosechadas en el mundo en un periodo de más de 50 años tuvo una tendencia creciente, con oscilaciones de producción (figura 1). El país con mayor participación en la producción mundial es Turquía con el 56,5% correspondiente a 420.000 toneladas de avellanas con cascara en la temporada 2015-2016 (tabla 1). Por lo tanto la variabilidad de producción mundial tiene una alta correlación con los niveles de cosecha en Turquía.

Tabla 1. Volumen (t) de avellanas con cáscara producida por los principales países y su participación a nivel mundial (2015-2016).

Países	Volumen (t)	Participación (%)
Turquía	420.000	56,5
Italia	120.572	16,2
Estados Unidos	34.473	4,6
Azerbaiyán	33.941	4,7
Georgia	29.500	4,0
China	24.847	3,3
Irán (República Islámica)	16.327	2,2
Chile	16.173	2,2
España	15.306	2,1
Resto del mundo	32.291	4,3
Total	743.555	100

El segundo productor es Italia con una participación del 16,2% de la producción mundial que se traduce a unas 120.572 toneladas de avellana cosechadas. Le siguen Estados Unidos con 4,6%, Azerbaiyán con 4,7% y Georgia con 4%, también otros países en menor proporción como China, Irán, Chile y España (tabla 1).

Recientemente el cultivo de avellano se está expandiendo hacia algunos países del hemisferio sur como Sudáfrica, Nueva Zelanda, Australia, Chile y Argentina (Rolka *et al.*, 2014). Según el relevamiento nacional de frutos secos en el 2015, Argentina cuenta con 520 ha de avellanos y el 95% de la producción se concentra en el Valle Inferior del Río Negro (VIRN). En ésta región se han obtenido rendimientos entre 2000 y 3000 kg ha⁻¹ en montes adultos, siendo una de las prácticas culturales para alcanzar y mantener dichos rendimientos la fertilización.

Para optimizar ésta práctica de deben conocer los requerimientos nutritivos de los árboles de avellano considerando la disponibilidad de nutrientes del suelo y las condiciones climáticas. Estos requerimientos nutricionales básicamente corresponden a macro y micronutrientes, los cuales deben ser suministrados tanto para la fase de formación como en su posterior etapa productiva.

Los principales macronutrientes que se extraen anualmente en una plantación en plena producción y con un rendimiento de 2000 kg ha⁻¹ es aproximadamente de 20 a 25 kg de nitrógeno (N), 10 a 15 kg de fósforo (P₂O₅) y 15 a 18 kg potasio (K₂O). Los nutrientes secundarios y que son requeridos en cantidades moderadas son el calcio, magnesio y azufre. Los micronutrientes son requeridos en cantidades pequeñas y son principalmente el zinc, boro, manganeso, cobre, hierro y molibdeno (Germain y Serraquigne, 2004).

Dentro de los macroelementos el N es el nutriente principal a considerar dado que es determinante del vigor de los árboles, producción y calidad de la fruta (Sánchez, 1999), siendo uso de los componentes más importantes de algunos compuestos orgánicos presentes a nivel celular como: aminoácidos (principalmente ácidos aspártico y glutámico), ácidos nucleicos, enzimas y transportadores de energía ADP (adensindifosfato) y ATP (adenosintrifosfato) (Tagliavini *et al.*, 1998; Ellena, 2010).

En primavera el avellano tiene los mayores requerimientos de nutrientes, en particular de N, para el desarrollo del embrión y brotes del año, además de la diferenciación de las flores femeninas y masculinas (Rolka *et al.*, 2014). En otoño cumple la función de acumular reservas para la brotación e inicio de crecimiento en primavera (Olsen, 2000).

En el VIRN los productores avellaneros recurren comúnmente a la fertilización para cubrir la demanda del cultivo. Para el suministro de N utilizan en su mayoría urea (46%) aplicada al suelo en una sola dosis. Una parte del N proveniente del fertilizante es absorbido por las raíces y otra es lixiviado por el riego o lluvia hacia las capas más profundas de suelo. La fertilización foliar con urea podría ser un complemento para el suministro de N, sin embargo, en el cultivo de avellano es una práctica que no está difundida básicamente porque

se desconocen las concentraciones máximas que se pueden aplicar sin causar daños en las hojas (fitotoxicidad).

1.2 OBJETIVOS

Objetivo general

- Determinar la concentración máxima de urea para aplicaciones foliares sobre plantas de avellanos, cv. 'Tonda di Giffoni', bajo las condiciones climáticas del Valle Inferior de Río Negro.

Objetivos específicos:

- Determinar el daño en hojas generados por aplicaciones foliares de urea realizadas en primavera y otoño.
- Analizar el contenido de N en hojas, antes y después de aplicaciones foliares de urea en diferentes dosis.
- Evaluar el efecto de la aplicación foliar de urea mezclada con un insecticida en el control del pulgón del avellano.

2. ANTECEDENTES

2.1 Importancia de la fertilización nitrogenada

La creciente preocupación por la contaminación de las aguas subterráneas ha generado interés en estrategias alternativas de fertilización que pueden minimizar la cantidad de N aplicada en el monte frutal sin comprometer el rendimiento y la calidad (Bondada *et al.*, 2001). En términos generales, el impacto ambiental de los fertilizantes foliares es menor que el de la mayoría de los fertilizantes aplicados al suelo, principalmente porque las cantidades aplicadas son más bajas y el riesgo de contaminación del suelo o del agua se reduce al mínimo (Fernández *et al.*, 2013).

Comprender la dinámica de N en el árbol es esencial para diagnosticar adecuadamente las necesidades de N e idear estrategias de fertilización que maximicen el rendimiento de los árboles y minimicen el uso excesivo (Sánchez *et al.*, 1995). El crecimiento óptimo requiere niveles adecuados de N y de riego, pero un exceso de cualquiera es improductivo, costoso, y puede causar pérdida de N por lixiviación y/o la escorrentía. La fertilización por suelo debe contemplar el riesgo el impacto ambiental para reducir los riesgos de contaminación de las napas freáticas (Fernández, 2013). Esto es sumamente importante en la región donde mayoritariamente el riego es gravitacional, en tales casos las eficiencias de aplicación de agua son en general bajas a muy bajas, en promedio oscila entre 20 y 30 % (FAO, 2015), y con un índice de eficiencia del N de 0,25, lo que implica aplicar mayores volúmenes de N (Sánchez, 1999). En cambio en investigaciones de aplicaciones foliares con urea se ha detectado una eficiencia del 50% al 75% en el uso de la urea en frutales como nectarina, durazno y manzana (Rosecrance *et al.*, 1998, Tagliavini *et al.*, 1998; Toselli, *et al.*, 2004)

Por lo mencionado anteriormente una práctica habitual en montes frutales caducifolios, es la urea aplicada vía foliar para complementar las aplicaciones de N del suelo, pero no ha habido ningún intento aparente de reemplazar completamente las aplicaciones de N (Johnson *et al.*, 2001). Además las fertilizaciones foliares pueden beneficiar al medio ambiente mediante la mejora de la eficacia de los productos fitosanitarios, se ha demostrado el efecto sinérgico de los nutrientes minerales cuando se aplican

en combinación con productos fitosanitarios (Alexander, 1986), siempre y cuando el fertilizante foliar sea compatible con el plaguicida aplicado. Tales mezclas entre el fertilizante foliar y el plaguicida sin duda mejoran la eficacia del fertilizante y pueden incluso aumentar la actividad del plaguicida (Fernández, 2013).

2.2. Modo de acción del N en las hojas frutales

El nitrógeno marcado (N^{15}) ha sido utilizado por varios investigadores para rastrear el uso y el movimiento de N en los cultivos (Weinbaum *et al.*, 1984; Sánchez *et al.*, 1995; Bondada *et al.*, 2001). El conocimiento de los mecanismos de absorción de nutrientes por las partes de la planta sobre el suelo es crucial para optimizar la fertilización foliar (Wójcik, 2004).

La urea, debido a sus características intrínsecas, como el tamaño molecular pequeño, la naturaleza no iónica y la alta solubilidad, suele ser absorbida rápidamente a través de la cutícula foliar (Bondada, *et al.*, 2001; Toselli *et al.*, 2004). También se cree que las moléculas de urea facilitan la penetración de otros nutrientes foliares (Cook y Boynton, 1952; Weinbaum, 1988). Si bien la función específica de la hoja es la producción de fotoasimilados, por sus características anatómicas es capaz de incorporar rápidamente nutrientes aplicados sobre ella y translocarlos a los órganos de la planta de mayor demanda (Trinidad y Aguilar, 1999). Los procesos mediante los cuales una solución de nutrientes que se aplica al follaje de un cultivo es asimilada por las plantas incluyen: contacto con la hoja y adsorción a la superficie de la misma, penetración cuticular/estomática a través de otras estructuras epidérmicas, absorción celular y penetración en los compartimentos celulares metabólicamente activos en la hoja, y finalmente, en su caso, la translocación y la utilización de los nutrientes absorbidos por la planta (Fernández *et al.*, 2013).

Para que fertilización foliar sea exitosa es necesario tomar en cuenta tres factores: biológicos, medio ambiente y la formulación foliar. Dentro de los factores biológicos la respuesta a la aplicación foliar de nutrientes varía según la especie y variedad, superficie y edad de la hoja, estado nutricional, la etapa

fenológica, del estado fisiológico y del medio ambiente donde crece la planta (Bondada *et al.*, 2001; Toselli *et al.*, 2004). Del ambiente se debe de considerar la temperatura del aire, el viento, la luz, humedad relativa y la hora de aplicación. En relación a la formulación foliar, la concentración de la sal portadora del nutriente, el pH de la solución, la adición de coadyuvantes, quelatos y el tamaño de la gota del fertilizante líquido, del nutriente por asperjar se cita su valencia y el ion acompañante, la velocidad de penetración y la translocabilidad del nutriente dentro de la planta (Fernández *et al.*, 2013; Wójcik, 2004).

Cook y Boynton (1952) demostraron que a pH 5,4 - 6,6 se produce la mayor absorción de urea en hojas de manzano, también reportaron que las hojas con alto contenido de N absorbieron más urea que aquellas de bajo contenido en N. Wójcik, (2004) menciona que la fertilización foliar es más eficaz cuando la disponibilidad de nutrientes del suelo es baja, el horizonte superficial del suelo está seco y la actividad de las raíces durante la etapa reproductiva disminuye.

2.3. Uso de la fertilización foliar

La fertilización foliar fue utilizada ampliamente desde hace muchos años en horticultura y fruticultura, según Weinbaum (1988) los primeros informes sobre la aplicación foliar de nutrientes minerales en la producción vegetal datan de la segunda mitad del siglo XVIII. En 1844 se reportó en Francia la aplicación de sulfato de hierro (II) en el follaje de la vid para corregir la clorosis en las plantas; adicionalmente, para esa época en diferentes partes del sur de Europa ya la fertilización foliar era ampliamente utilizada por los agricultores (Trinidad y Aguilar, 1999).

En la primera mitad del siglo 20, la llegada de técnicas de fluorescencia y luego de radio-marcado permitió a los investigadores desarrollar métodos más precisos de mecanismos de penetración foliar y translocación de los nutrientes dentro de las plantas luego de una aplicación foliar de soluciones nutritivas como por ejemplo el N¹⁵ utilizado en varios cultivos (Weinbaum *et al.*,

1984; Olsen *et al.*, 2000; Bondada *et al.*, 2001; Witte *et al.*, 2002; Toselli *et al.*, 2004).

Múltiples experimentos científicos y estudios aplicados llevados a cabo en el siglo pasado han demostrado que las superficies de la planta son permeables a los fertilizantes foliares (Fernández *et al.*, 2013). Ésta práctica en su justa medida, aporta soluciones concretas en casos específicos, no es la solución total y definitiva del manejo nutricional de un monte y de ninguna manera reemplaza a la aplicación de macro elementos del suelo (Sánchez, 1999).

La urea es un reconocido fertilizante de aplicación foliar en la producción agrícola mundial debido a su bajo costo, facilidad de manipulación, estabilidad química y elevado contenido nitrogenado (46%) (Wójcik, 2004). En la mayoría de los cultivos, la absorción foliar de urea es mayor y más rápida que la de otras formas inorgánicas de N. Incluso la urea incrementa la permeabilidad de la cutícula facilitando la penetración de otros nutrientes (Sánchez, 1999).

Se ha documentado una eficacia relativamente alta en el uso de N aplicado vía foliar en muchas especies frutales (Weinbaum, 1988). En olivos y almendros adultos, cerca del 70-80% de la urea aplicada vía foliar fue absorbida por las hojas dentro de las 24 a 48 horas (Klein y Weinbaum, 1985; Tagliavini *et al.*, 1998). En manzanos jóvenes se ha reportado que aproximadamente el 80-90% de la urea-N absorbido puede ser movilizado a los tejidos de almacenamiento (Toselli *et al.*, 2004; Cheng *et al.*, 2002). En duraznos y nectarinas el 48-58% de urea-N absorbido por la copa se encontraba en los tejidos de almacenamiento (Rosecrance *et al.*, 1998; Tagliavini *et al.*, 1998).

Por otro lado, se han observado diferencias varietales en respuesta a la aplicación foliar de N en durazno, ciruelo, manzano, cítricos y además dentro de cada variedad diferencias según la edad de la hoja (Fernández *et al.*, 2013). En cítricos se ha determinado que las hojas jóvenes absorben un mayor porcentaje de N que las hojas más viejas debido a que la mayor concentración de cera epicuticular en hojas adultas disminuye la absorción (Bondada *et al.*, 2001). Por otra parte Cheng *et al.* (2002) concluyen que los

árboles con bajo nivel de N son más eficientes en la absorción y movilización de N de la urea foliar que aquellos con alto estatus N.

Algunas montes con vigor excesivo y frutas de alto contenido de N pueden ser soportadas solo con pulverizaciones foliares de urea poscosecha y las aplicaciones de N en primavera son las más adecuadas en situaciones donde el vigor es insuficiente (Sánchez *et al.*, 1995). Por otro lado las pulverizaciones foliares con urea en poscosecha es una práctica recomendada en frutales para incrementar los niveles de reserva (Sánchez *et al.*, 1995; Tagliavini *et al.*, 1998)

2.4. Nutrición nitrogenada en el avellano

Germain y Sarraquigne (2004) mencionan que el N es el nutriente más demandados en un cultivo de avellano, exportándose por tonelada de fruta producida 13,5 Kg. El N promueve un crecimiento rápido durante la fase de formación, y en la fase reproductiva el desarrollo de brotes de mayor longitud que favorece la producción de los órganos reproductivos y la fructificación (Ellena, 2010).

Las aplicaciones de urea foliar después de la cosecha en el avellano se consideran una excelente forma de construir reservas de brotes y pueden ser útiles para promover el desarrollo saludable de las flores (Olsen, 2000). Varios autores citan que el avellano recurre fundamentalmente al N presente en los órganos de reserva para iniciar la brotación. Por tal motivo se considera que la principal función de la fertilización nitrogenada en el avellano es la restitución de las reservas en los árboles (Olsen *et al.*, 2000). Los primeros compuestos en movilizarse proveniente de las reservas son los aminoácidos de los tejidos adyacentes a los sitios de consumo y con posterioridad se produce una hidrólisis masiva de proteínas *in situ*, que es más acentuada a medida que avanza el nuevo crecimiento (Sánchez, 1999). Según Ellena (2010) los mayores requerimientos de N en el avellano ocurren en primavera (75-85% de los requerimientos).

Por otro lado el contenido óptimo de nitrógeno total en hoja de avellano, como método del estado nutricional en la estación de verano es, según Olsen

(2000), de 2,21-2.5 % Nt, este rango considerado como normal puede variar según el autor que se consulte. Sin embargo el análisis foliar es solo parte de un enfoque integral para el manejo de nutrientes, lo cual es también necesario otras observaciones como crecimiento de brote, tamaño y color de las hojas, rendimiento de frutos, como también análisis de suelo que incluya otros nutrientes además del nitrógeno.

2.5. Fitotoxicidad

La urea una vez absorbida es hidrolizada por la enzima ureasa en el citoplasma de las células de las hojas, descomponiéndose en amonio (NH_4) y dióxido de carbono (CO_2). Así, el NH_4 producido sigue un camino metabólico similar al NH_4 absorbido desde la raíz (Witte *et al.*, 2002). Cuando la solución de urea aplicada es muy concentrada, la planta no logra incorporarlo con suficiente rapidez y se acumulan grandes cantidades de NH_4 en la hoja el cual es tóxico (Sánchez, 1999), las concentraciones elevadas de nutrientes causan lesiones en las hojas que conducen a la reducción en la absorción de nutrientes.

Un síntoma característico son las “quemaduras” en las hojas como la resultante de la ruptura celular que se manifiesta como lesiones necróticas o marginales que tienen como consecuencia una reducción del área fotosintética de las hojas y por consiguiente la disminución de la productividad (Fernández *et al.*, 2013). Por lo tanto esto establece un límite a la cantidad de urea, o su descomposición en NH_4 , a ser utilizado en cada aplicación, en ocasiones haciendo necesario la repetición del tratamiento. Entonces la concentración de N que puede utilizarse eficazmente en aplicaciones foliares está limitada por la tolerancia del follaje y varía con las especies y fenología hoja. Por ejemplo, en cítricos debe prestarse especial cuidado con las dosis foliares utilizadas dado que son más sensibles que otras especies a la fitotoxicidad causada por el NH_4 (Trinidad y Aguilar, 1999).

En poscosecha se puede pulverizar con urea en concentraciones entre 2 y 10% sobre las hojas, según la especie frutal. Estas aplicaciones permiten aumentar el N almacenado en la parte aérea de la planta y removilizarlo

rápidamente a los órganos de reservas. A la inversa, el N aplicado a principios de la primavera es particionado preferentemente hacia órganos vegetativos y frutos (Weinbaum *et al.*, 1984). Sin embargo las aplicaciones con urea en primavera tienden a ser menos concentradas limitados por la necesidad de evitar fitotoxicidad (Rosecrance *et al.*, 1998). En un trabajo de investigación en manzano, en el cual se aplicó urea de manera foliar en el período de inicio de la temporada con concentraciones superiores a 0,5% causó fitotoxicidad y daños a los frutos y hojas jóvenes (Weinbaum, 1988). No obstante Klein y Weinbaum, (1985) no observaron fitotoxicidad en árboles de almendro y olivos con aplicaciones de urea al 0,5% y 4% (p/v), respectivamente.

Las tasas de aplicación de urea foliar con concentraciones altas (5% a 10% de urea) pueden ser más factibles en los montes caducifolios si se utilizan antes de la senescencia foliar, en el cual la fitotoxicidad foliar es menos preocupante ya que la senescencia foliar es inminente, y la fruta ya ha sido cosechada, aumentando sustancialmente las reservas de N (Johnson *et al.*, 2001). Es decir el rango ideal de concentraciones también va estar condicionado por la especie vegetal y su ontogenia como así también otros factores tales como la edad de la planta, estado nutricional y condiciones ambientales (Wojcik, 2004),

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en el Valle Inferior del Río Negro (40° 42' latitud Sur, 63° 25' longitud Oeste y 40° 49' latitud Sur y 63° 03' longitud Oeste). Según Papadakis (1960) el clima de la región es clasificado como peripampeano semiárido casi marítimo. Su régimen térmico es moderado, de comportamiento regular, con seis meses de temperatura en ascenso y seis en descenso; las temperaturas medias mensuales de enero y febrero presentan valores superiores a 20°C, siendo enero el mes más cálido del año (21,4°C) y los meses de junio y julio los más fríos, con temperaturas medias mensuales de 7,4°C y 7,1°C, respectivamente. La precipitación media anual es de 408 mm, durante el periodo otoño-invierno las lluvias se producen con mayor regularidad.

El suelo de la parcela experimental es de textura franco-arcillosa, de pH neutro en los primeros 20 cm de profundidad y alcalino en las capas más profundas, no presenta problema de salinidad (CE menor a 2 dSm m⁻¹) ni de exceso de calcáreo (contenido de CaCO₃ menor a 1,57%). Contiene escasa materia orgánica y nivel de N total considerado normal (0,14%) en los primeros 20 cm de profundidad y bajo (0,07%) en el estrato (20-40 cm). El contenido de P es alto en los primeros 20 cm de profundidad y bajo en la capa más profunda, mientras que los contenidos de K y Ca resultaron bajos en ambos estratos analizados (0-20 y 20-40 cm) (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de algunas propiedades físicas y químicas del suelo del sitio de estudio.

	Profundidad (cm)		
	0-20	20-40	40-60
CE (dS m ⁻¹)	0,73	1,65	2,04
pH	7,00	7,80	7,80
CIC (me 100 g ⁻¹)	47,48	36,70	33,22
CaCO ₃ (%)	0,58	0,87	1,53
Arena (%)	15,00	13,80	14,20
Limo (%)	40,40	51,20	48,70
Arcilla (%)	44,60	35,00	37,10
MO (%)	2,58	1,12	-
Nt (%)	0,14	0,07	-
P (ppm)	17,20	6,10	-

CE: Conductividad eléctrica por potenciometría; pH: por potenciometría en suspensión suelo-agua (1:2,5); CaCO₃: por técnica de volumetría de neutralización; Arcilla, arena y limo por el método de pipita de Robinson; M.O.: por combustión seca con un analizador automático LECO C; Nt, nitrógeno total (Bremner, 1996); K disp., potasio disponible (Helmke y Sparks, 1996).; Pe, fósforo extraíble (Olsen y Sommers, 1982); Ca, Mg y K intercambiables (Helmke y Sparks, 1996).

3.2. Descripción metodológica del ensayo

El ensayo consistió en aplicaciones foliares de urea en dos momentos del ciclo del cultivo del avellano, durante la temporada 2015/2016: dos aplicaciones en primavera cuando las plantas se encontraban en pleno crecimiento vegetativo; y una en otoño después de la cosecha (tabla 3).

Las aplicaciones se realizaron en arboles de 12 años de edad, plantados en un marco de 5 x 3 m y conducidos a un solo tronco en forma de vaso. Los árboles seleccionados fueron de tamaño y vigor similares; se procuró incluir árboles con un diámetro de tronco de 9 a 11 cm, medido a 30 cm de la superficie del suelo (figura 2).



Figura 2. Árboles de avellano correspondientes al sitio de ensayo.

Los tratamientos se resumen en la tabla 3. La fertilización foliar de urea al 4% más insecticida (25 g de *imidacloprid* hl⁻¹ de agua) sólo se realizó en primavera (T3) mientras que la fertilización foliar de urea al 10% a partir de la segunda aplicación primaveral (T6).

Tabla 3. Tratamientos con fertilización foliar de urea a distintas concentraciones en primavera (dos aplicaciones) y otoño. (*): Aplicación; (-) Sin aplicar.

Tratamiento	Concentración de Urea (%)	Momento		
		Primavera		Otoño
		05/11/2015	10/12/2015	22/03/2016
T1	2	*	*	*
T2	4	*	*	*
T3	4 + Insecticida	*	*	-
T4	6	*	*	*
T5	8	*	*	*
T6	10	-	*	*

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con 5 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental estuvo constituida por un árbol. Los tratamientos se aplicaron en los mismos árboles a lo largo del estudio.

Se calculó el “TRV” (volumen de la fila de árboles) para determinar el volumen de agua de aplicación para ajustar las distintas dosis.

Para el cálculo del volumen se utilizó la siguiente ecuación

$$TRV = \frac{(H \times E \times 10.000 \times i \times 0,0937)}{A} = l \text{ ha}^{-1}$$

Siendo: H = altura del árbol (m)

E = ancho del árbol (m)

A = distancia entre filas (m)

i = Índice de área foliar (i=1)

10.000 = Constante para el cálculo por hectárea

0,0937 = Constante para el cálculo por litro

Las aplicaciones se realizaron con una mochila de bombeo manual de 10 l de carga con boquilla cónica $0,5 \text{ l min}^{-1}$, N° 1120815 (figura 3). Se midió el pH de la solución del fertilizante a aplicar.

Para el control y calibración de la pulverizadora se colocaron tarjetas hidrosensibles (figura 4), ubicadas a dos alturas (tercio medio y tercio superior de la altura de la copa) en 4 árboles tratados, en total 8 tarjetas hidrosensibles. Mediante el software CIR 1.5[®] se analizaron los siguientes parámetros: el número de impactos de gotas cm^{-2} , diámetro volumétrico medio (DVM), diámetro numérico medio (DNM) y la dispersión (FD).

El número de impactos de gotas es un indicador del grado esperado de cobertura de la hoja del avellano con el líquido pulverizado (solución de urea) expresada en densidad (gotas cm^{-2}).

El DVM: es el diámetro de gota que divide al volumen pulverizado en dos partes iguales. Este parámetro define la aspersion de acuerdo al tamaño de gota en μm .

Diámetro Numérico Medio (DNM): es el diámetro de gota (en μm) que divide a la población total de gotas formadas, en dos mitades numéricamente iguales.

Factor de Dispersión (FD): es la relación entre los dos anteriores: DVM/DNM , define la uniformidad de la gota a asperjar. Cuanto más estrecho o próximo a 1 es la relación mayor es la uniformidad en el tamaño de gota.



Figura 3. Mochila de pulverización manual de 10 l de capacidad, bidones con urea en solución.



Figura 4. Tarjeta hidrosensible para el control de la calidad de la pulverización con fertilizante ubicada en la parte media de la copa del árbol.

Se registró la temperatura y humedad relativa del aire del monte en los momentos de las aplicaciones de los tratamientos. Las pulverizaciones se realizaron a partir de las 9 de la mañana con vientos menores a 14 km h^{-1} . Los datos meteorológicos se obtuvieron de la estación meteorológica ubicada en la estación experimental agropecuaria del INTA Valle Inferior (Lat.: $40^{\circ} 47' 52'' \text{ S}$ - Long: $63^{\circ} 03' 49'' \text{ O}$, a 7 msnm).

3.3. Mediciones

3.3.1. Evaluación de daño en hojas

Para evaluar el daño en hojas se cuantificó el área foliar necrosada (AFN) en cada tratamiento utilizando el software libre imageJ (Version 1.49v). Para su cálculo se tomaron muestras de 50 hojas extraídas al azar en dos momentos: un día antes de la aplicación de los tratamientos con urea (0 DDA) y 15 días después de la aplicación (15 DDA). Cada hoja fue fotografiada y, posteriormente, analizada con el software. Mediante la siguiente fórmula se obtuvo el porcentaje de AFN:

$$\text{AFN (\%)} = (\text{área foliar necrosada} \times 100) (\text{área foliar total})^{-1}$$

En otoño: para el cálculo de otoño se estimó el “quemado de borde de hojas” por estrés ambiental, condiciones de altas temperaturas (mayores a 35 °C) y baja humedad relativa, síntoma común en el VIRN. Solo se le atribuyó %AFN por estrés ambiental a tratamientos que no tuvieron síntomas de fitotoxicidad en primavera.

Para evaluar los efectos de los tratamientos en otoño se utilizó la siguiente fórmula:

$\%AFN \text{ (tratamientos en otoño)} = \%AFN \text{ en 15 DDA} - \%AFN \text{ acumulado en 0 DDA (estrés ambiental de verano + fitotoxicidad de primavera)}$.

La diferencia se atribuyó al efecto de los tratamientos en otoño.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar el efecto de las aplicaciones de urea foliar sobre el AFN. Para la comparación de los valores medios se utilizó el test de Tukey al 5% mediante el software InfoStat (Di Renzo *et al.*, 2018). Los datos fueron transformados a raíz cuadrada para cumplir el supuesto de normalidad y homogeneidad de las varianzas.

En la figura 5 se esquematiza el método para la documentación de imágenes y su posterior análisis con el software ImageJ[®]. Las hojas fueron fotografiadas utilizando una cámara de celular de 8 megapíxeles, un soporte universal y una lámina de plástico (base) graduada linealmente en centímetros (medida de referencia).



Figura 5. Montaje para fotografía de hojas de avellano.

3.3.2 .Concentración de nitrógeno total en hojas

Para estudiar cambios en el contenido de N foliar causados por las tratamientos de urea foliar se analizaron muestras compuesta de 50 hojas extraídas antes y después de las aplicaciones, con un intervalo de 4 días. Se extrajeron hojas con peciolo completamente expandida ubicadas en la tercer posición (desde la punta del brote hacia la base), de la zona media de la copa y orientadas alrededor de todo el árbol (N, S, E y O), preferentemente de brotes del año no fructíferos, de longitud media (20-30 cm).

Las hojas fueron sometidas a un lavado con agua corriente y enjuagadas con agua destilada, luego se secaron en estufa a 70°C hasta peso constante (72 h aproximadamente). En laboratorio se determinó el contenido de N total por el método semimicro de Kjeldahl.

3.3.3 Efecto de la aplicación de urea foliar con insecticida sobre el control de pulgones.

Para evaluar el efecto de la aplicación foliar de urea al 4% mezclado con insecticida (*imidacloprid*) sobre el control del pulgón del avellano, *Myzocallis coryli*, se registró el número de pulgones en 50 hojas el día anterior de la aplicación y al quinto día post-tratamiento.

4. RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Calidad de la aplicación.

Según el cálculo de TRV (ecuación 1) el volumen necesario para la aplicación fue de 937 l ha⁻¹, para una densidad de 666 árboles ha⁻¹ corresponde a un gasto aproximado de 1,5 l árbol⁻¹. La medición de pH arrojó valores ligeramente básicos: 7,6 (T6), 7,6 (T5), 7,4 (T4), 7,2 (T2) y 7,2 (T1).

$$TRV = \frac{(2,5 \times 2 \times 10.000 \times 1 \times 0,0937)}{5} = 937 \text{ l ha}^{-1} \quad [1]$$

En la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos de las tarjetas hidrosensibles en los distintos tratamientos a dos alturas. Las lecturas de las tarjetas hidrosensibles revelan un tamaño de gota promedio (DVM) de 276 y 300 µm en el tercio superior y tercio medio de la copa de los árboles respectivamente, clasificándose como tamaño de gota mediana a gruesa. En cuanto a la uniformidad del tamaño de gota, el tercio superior tuvo mayor uniformidad (FD 2,21) que el tercio medio (FD 3,33). Por otro lado, el tercio superior del árbol recibió menor impacto de gotas cm⁻² que el tercio medio; en éstas fueron de menor DVM. Estos tamaños de gota se encuentran dentro de los tamaños útiles para las aplicaciones agrícolas (de 150 a 400 µm). Es decir que si el tamaño hubiera sido menor a 150 µm las gotas son tendientes a evaporarse y a trasladarse fácilmente por el viento. En cambio si hubiera sido mayor a 400 µm las gotas pueden escurrirse y no ser aprovechadas por la planta.

Tabla 4. Análisis de las tarjetas hidrosensibles ubicadas en el tercio superior y en el tercio medio de la copa del árbol para los distintos tratamientos con urea foliar , número de impactos de gotas cm^{-2} , Diámetro Volumétrico Medio (DVM), Diámetro Numérico Medio (DNM) y Factor de Dispersión (FD).

Zona	Urea foliar (%)	Gotas cm^{-2}	DVM (μm)	DNM (μm)	FD
Alta	2	315	253	77	3,29
	4	57	328	267	1,23
	6	342	189	87	2,18
	8	201	335	156	2,15
	Promedio	229	276	146	2,21
Media	2	320	369	83	4,43
	4	407	277	86	3,21
	6	276	297	101	2,95
	8	388	258	95	2,71
	Promedio	348	300	91	3,33

En la figura 6 se presentan las tarjetas hidrosensibles luego de una aplicación de urea foliar. Se observa que las tarjetas ubicadas en el tercio medio tienen una distribución más homogénea y mayor impacto de gotas cm^{-2} (tabla 4) que las dispuestas en el tercio superior de los árboles de avellano. A pesar de estas diferencias, la calidad de la aplicación fue adecuada.

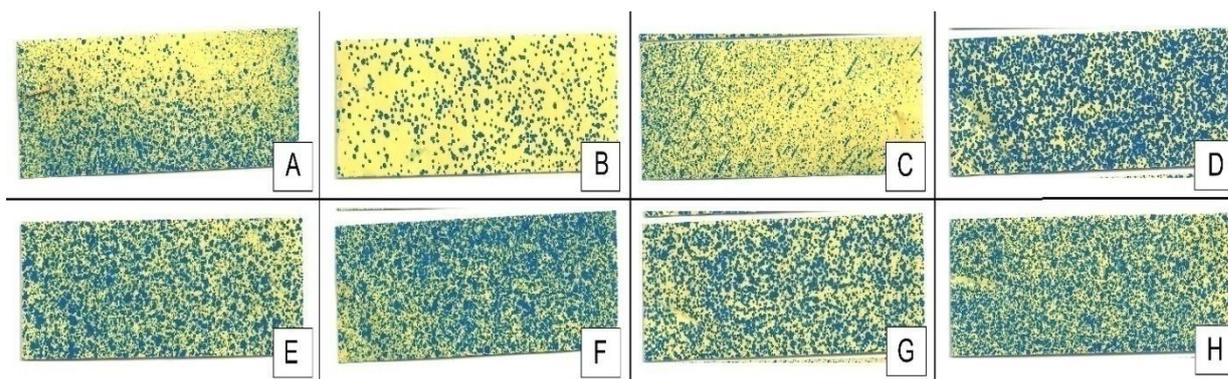


Figura 6. Tarjetas hidrosensibles post-aplicación de urea foliar. Ubicación en el árbol de avellano: Tercio superior de la copa "A","B","C" Y "D" y tercio medio de la copa "E","F", "G" y "H".

En la tabla 5 se muestran los datos de la velocidad del viento, temperatura y humedad relativa del aire correspondientes a los días de las

aplicaciones. En todos los casos, las aplicaciones fueron realizadas entre las 9 y 10 h. Las condiciones meteorológicas durante las aplicaciones fueron adecuadas, con vientos leves (menor a 14 km h⁻¹) y temperatura y humedad relativas moderadas. En cuando a los riesgos de deriva en función a los vientos y el tamaño de gota (mediana a gruesa) fueron muy bajos.

Tabla 5. Condiciones meteorológicas durante las aplicaciones primaveral y otoñal.

Estación	Momento de aplicación	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Viento (km h ⁻¹)
Primavera	1era (5/11/2015)	16,5	61,8	8,1
	2da (10/12/2015)	19,4	50,4	6,7
Otoño	3era (22/03/2016)	18,4	66,3	2,6

4.2 Evaluación de daño en hojas

4.2.1. Daño en hojas luego de la primera aplicación

No se observó necrosis en hojas del avellano en ningún tratamiento luego de la primera aplicación foliar con urea (figura 7). Este resultado difiere con los de otros estudios realizados en otros frutales. En almendro, por ejemplo, se han detectado daños en hojas luego de aplicaciones de urea foliar a concentraciones del 1% y 5%. Contrariamente en olivos no se detectaron daños con dosis de urea foliar al 4% (Klein y Weinbaum, 1985; Weinbaum, 1988).

La ausencia de necrosis foliar o fitotoxicidad en el avellano puede ser atribuido a una combinación de factores, tales como una alta demanda de N en primavera (Ellena, 2010), la rápida absorción y movilización del N en sus hojas jóvenes (Bondada et al., 2001) sumado a que los árboles con bajo nivel de N son más eficientes en el uso del N suministrado vía foliar (Cheng et al., 2002).

4.2.2. Daño en hojas luego de la segunda aplicación

La segunda aplicación de urea foliar mostró diferencias entre los tratamientos. Los tratamientos con urea al 2%, 4% y 6% no provocaron necrosis foliar o síntomas por fitotoxicidad. Sin embargo, los tratamientos al 8 y 10% generaron daños o necrosis foliar de diferentes magnitudes (figura 8 y 9)(Anexo 1).

Las plantas tratadas con urea foliar al 8% presentaron una AFN promedio de 2% con máximos de 4,4%, mientras que las plantas tratadas con urea al 10% mostraron un AFN promedio de 7%, con máximos de 30% (Anexo 1).

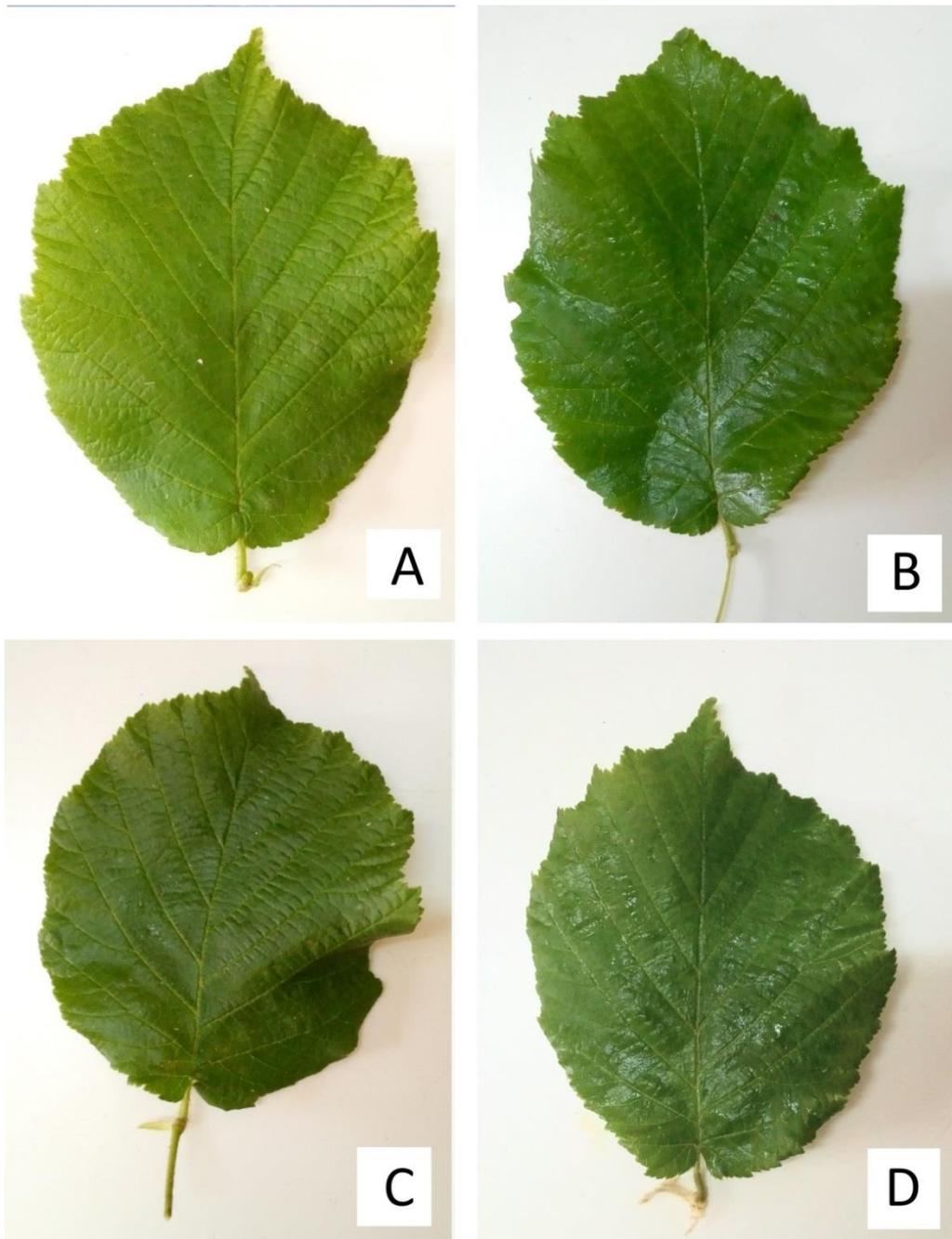


Figura 7. Hojas de avellano luego de la primera aplicación primaveral de urea foliar al 2% (A), 4% (B), 6% (C) y 8% (D).

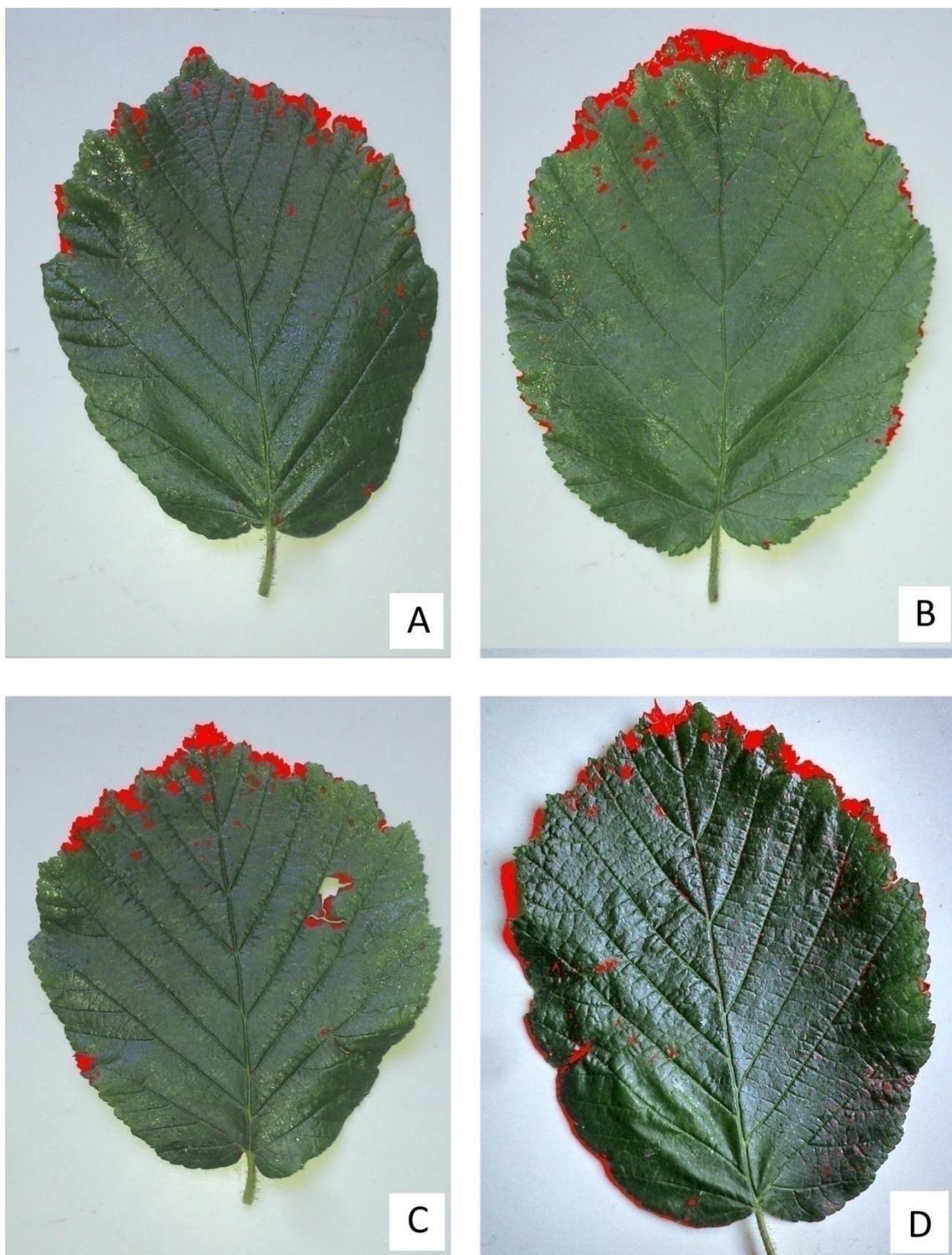


Figura 8. Hojas de avellano luego de la segunda aplicación primaveral de urea foliar al 8%. La coloración roja representa el área foliar necrosada (AFN) por fitotoxicidad, a los 4 días después de las aplicaciones. AFN del 2,7% (A), 2,8% (B), 3,9% (C) y 2,8% (D) de la superficie total.

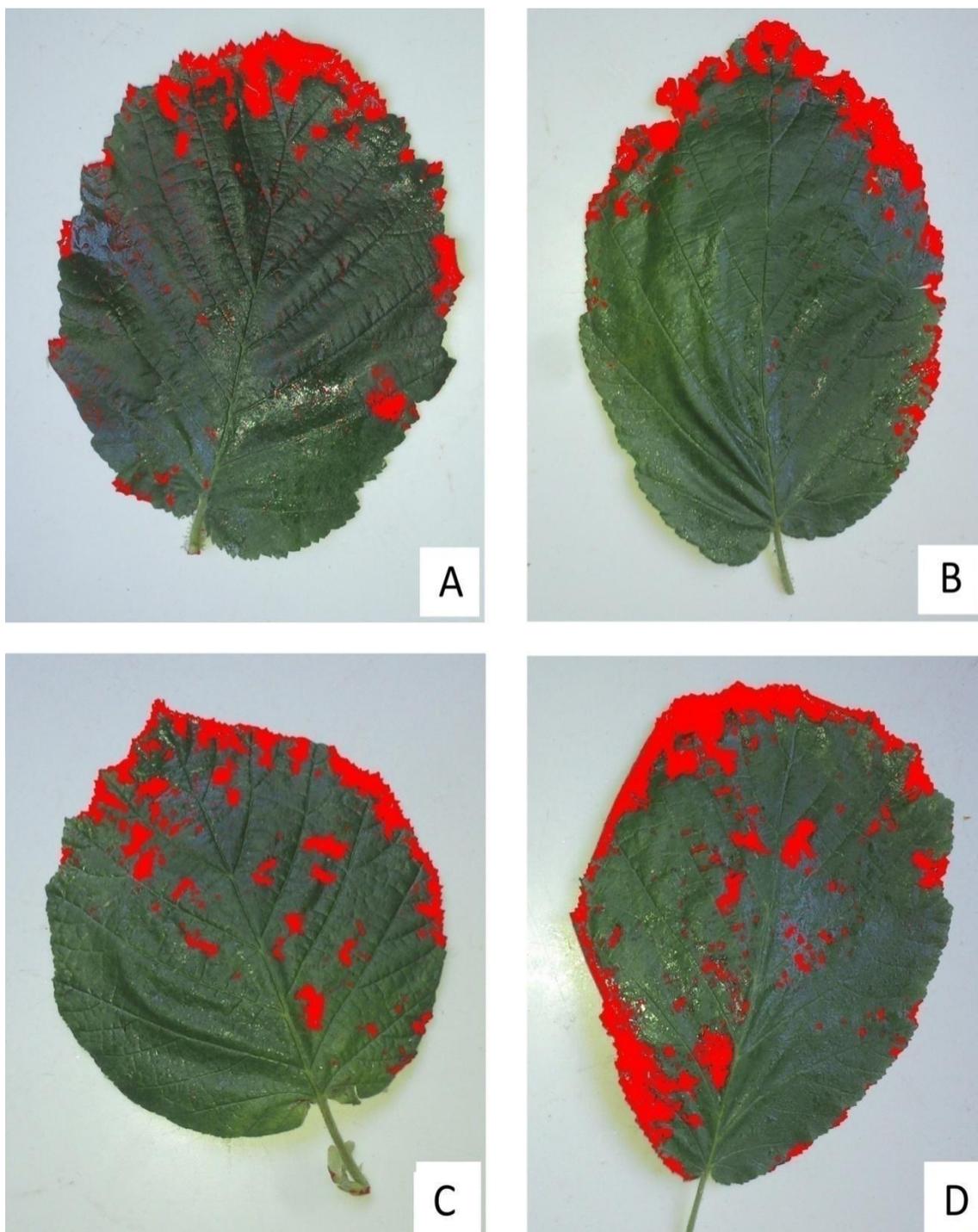


Figura 9. Hojas de avellano luego de la segunda aplicación primaveral de urea foliar al 10%. La coloración roja representa el área foliar necrosada (AFN) por fitotoxicidad, a los 4 días después de las aplicaciones. AFN del 6% (A), 10% (B), 11% (C) y 13,7% (D) de la superficie total.

4.2.3. Daño en hojas luego de la tercera aplicación (otoño)

Previo a las aplicaciones foliares con urea las hojas del avellano presentaban daños o necrosis en los bordes, este síntoma, conocido comúnmente como “quemado de borde” se manifiesta en época estival en condiciones de altas temperaturas y baja humedad relativa (estrés ambiental) y es muy característico de la especie en la región. Debido a esta situación, se cuantificó el AFN previo a la aplicaciones foliares. El AFN en los tratamientos que no manifestaron síntomas de fitotoxicidad en primavera (tratamientos con urea al 2%, 4% y 6%) fue atribuido al efecto por estrés ambiental, mientras que el AFN en el resto de los tratamientos a una combinación de estrés ambiental y fitotoxicidad por las aplicaciones con urea foliar de primavera.

Los valores de AFN por estrés ambiental en los tratamientos con urea al 2, 4 y 6%, varió entre el 2 y 3% (la tabla 6). El AFN en los arboles tratados en primavera con urea al 8 y 10%, previo a la aplicación otoñal, vario entre 6,7% y 9,0% respectivamente (tabla 6). Posiblemente las plantas de estos dos tratamientos fueron más sensibles a la desecación ambiental de verano (figura 10).

Tabla 6. Porcentaje de área foliar necrosada (AFN): en pre-aplicación y post-aplicación en la estación de otoño (15 días después de la aplicación) para las distintas concentraciones de urea foliar: 2%, 4%, 6%, 8% y 10%.

Estación	Momento	AFN (%)					
		Urea 2%	Urea 4%	Urea 6%	Urea 8%	Urea 10%	
Primavera	1 ^a	Pre-aplicación	0 -	0 -	0 -	0 -	- -
		Pos-aplicación	0 -	0 -	0 -	0 -	- -
	2 ^a	Pre-aplicación	0 -	0 -	0 -	0 -	0 -
		Pos-aplicación	0 -	0 -	0 -	2,0 ± 1,0	7,0 ± 4,6
Otoño	3 ^a	Pre-aplicación	2,9 ± 3,5	2,0 ± 2,2	2,1 ± 2,4	6,7 ± 6,4	9,0 ± 5,2
		Pos-aplicación	6,2 ± 4,5	5,8 ± 3,2	6,1 ± 5,0	14,4 ± 9,9	33,5 ± 11,1

Luego de la tercera aplicación de urea vía foliar se observó un aumento del AFN en todos los tratamientos (tabla 6), con diferencias significativas entre los ellos ($p < 0,05$) (anexo 1). La concentración de urea al 10% fue el tratamiento de provoco un mayor valor medio de AFN (33,5%) y se diferenció del resto de los tratamientos. En menor medida el tratamiento con urea foliar al 8% tuvo diferencias significativas con una media del 14,4% de AFN. Los tratamientos con urea al 2, 4 y 6% no tuvieron diferencias significativas de AFN.

En la Figura 11 (post-aplicación) se visualiza el AFN en los tratamientos de urea con concentraciones del 8% y 10%.

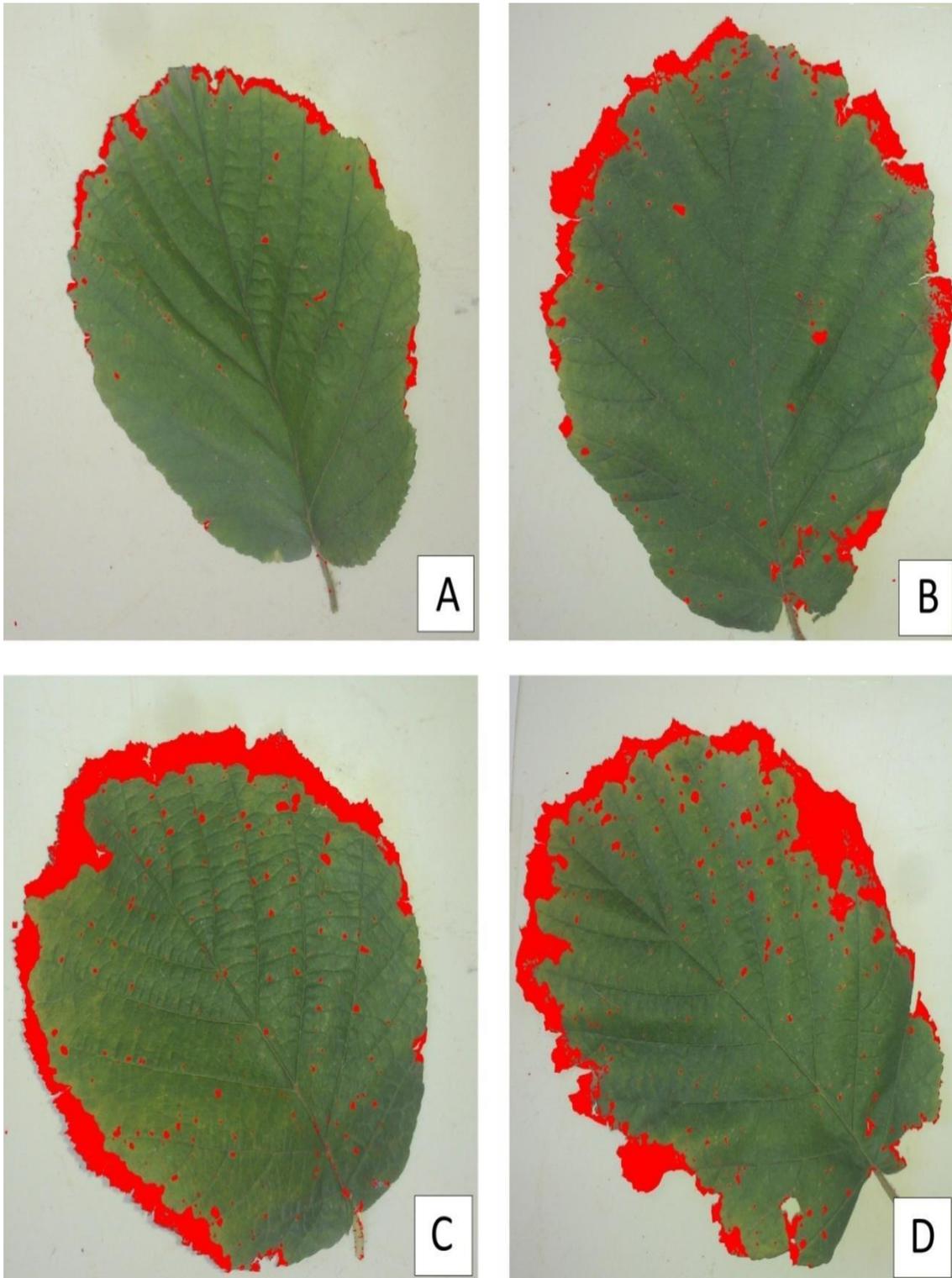


Figura 10. Daños causados por la combinación de estrés ambiental y fitotoxicidad, el síntoma se manifiesta en el borde de la hoja, color rojo. Porcentaje de área afectada de la hoja: 5% (A), 7,9% (B) 14,1% (C) y 15% (D). Las imágenes corresponden al tratamiento con urea foliar al 10% (T6).

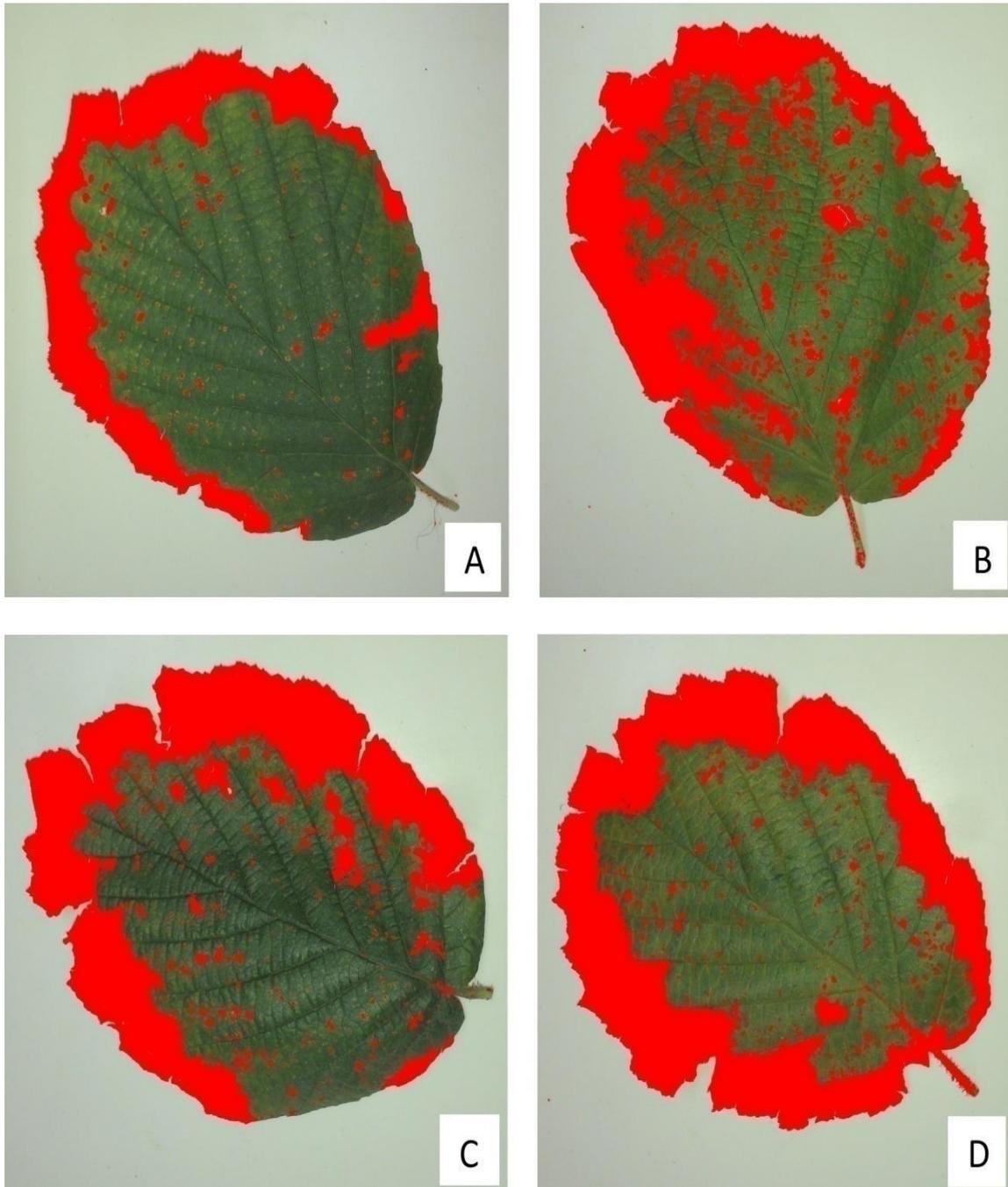


Figura 11. Imágenes tomadas 4 días después de la aplicación con urea foliar al 10% (T6) en el mes de marzo. Se visualiza en color rojo el daño (AFN por fitotoxicidad-estrés), el síntoma se manifiesta en el borde de la hoja. AFN: 26% (A), 41% (B) y 47% (C).

4.3. Concentración de nitrógeno total en hoja.

4.3.1. Concentración de N antes y después de la primera aplicación

En la figura 12 se presentan los valores de concentración de N en hojas, antes y después de las aplicaciones de urea foliar. Se observa que el contenido de Nt foliar después de las aplicaciones de urea al 2 y 4% fue más bajo. Contrariamente, el Nt foliar fue más alto en los tratamientos restantes. El mayor incremento se observó con la aplicación de urea al 4% combinado con *imidacproprid* (Δ 0,67) y resultó ser el tratamiento que registro el máximo contenido de Nt foliar (2,70%).

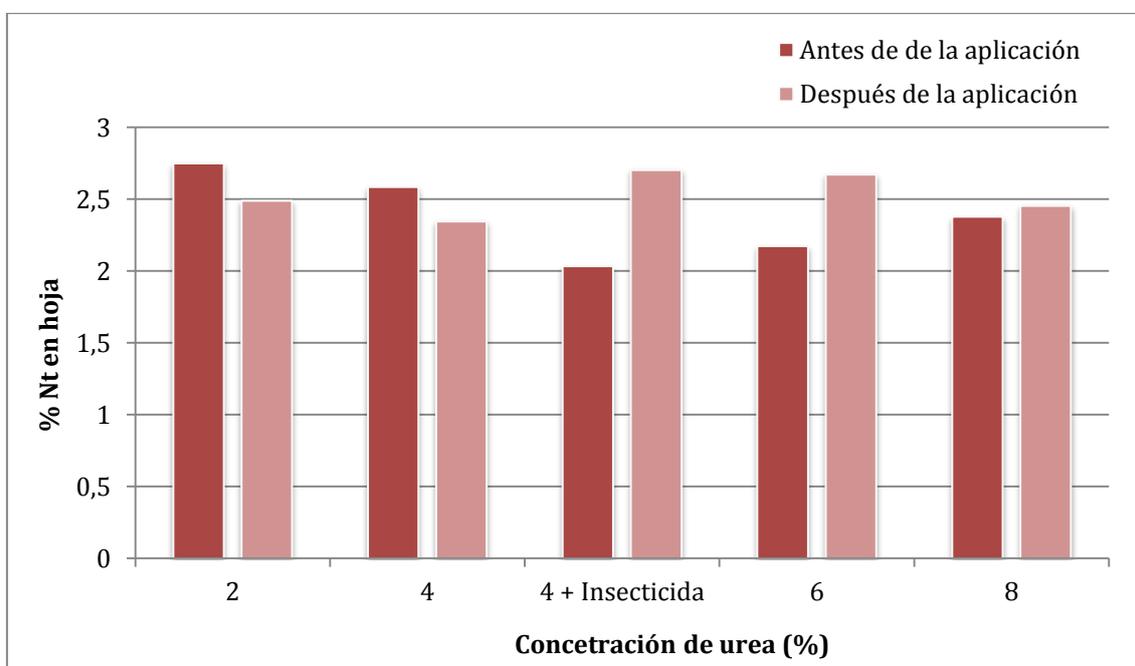


Figura 12. Primera aplicación primavera: Concentración de Nitrógeno (%) en hojas de avellano en pre-aplicación (0 DDA) y post-aplicación (3 DDA) de urea foliar (%).

Posiblemente el estatus inicial de Nt foliar influyó en la respuesta al fertilizante, tanto en ésta primera aplicación como en las restantes. Weinbaum (1988) menciona una relación inversa entre el contenido de N en la planta y la probabilidad de respuesta a las aplicaciones de urea foliar.

Por otro lado, Olsen (2000) propone un rango de nivel óptimo de Nt foliar en avellano de 2,2-2,5%. Considerando este rango, se puede inferir que los tratamientos que se encontraban por debajo del nivel óptimo antes de la

aplicación con urea foliar respondieron en mayor medida respecto de aquellos que presentaban niveles superiores al óptimo (mayor a 2,5% Nt). Wójcik (2004) y Fernández *et al.* (2013) mencionan múltiples factores que afectan la respuesta a la fertilización foliar, tanto del medio ambiente como también aspectos fisiológicos del árbol, que complejizan la comprensión a la respuesta de fertilización.

4.3.2 Concentración de N antes y después de la segunda aplicación

Luego de la segunda aplicación las concentraciones de Nt en hojas se incrementaron en todos los tratamientos excepto con la aplicación de urea al 4% (figura 13) cuyo contenido de Nt inicial se encontraba por encima del óptimo. En esta segunda fertilización de primavera, el mayor incremento en la concentración de Nt fue de 0,77% en el tratamiento con urea al 10%. Las concentraciones de Nt post-aplicación estuvieron por encima del nivel óptimo.

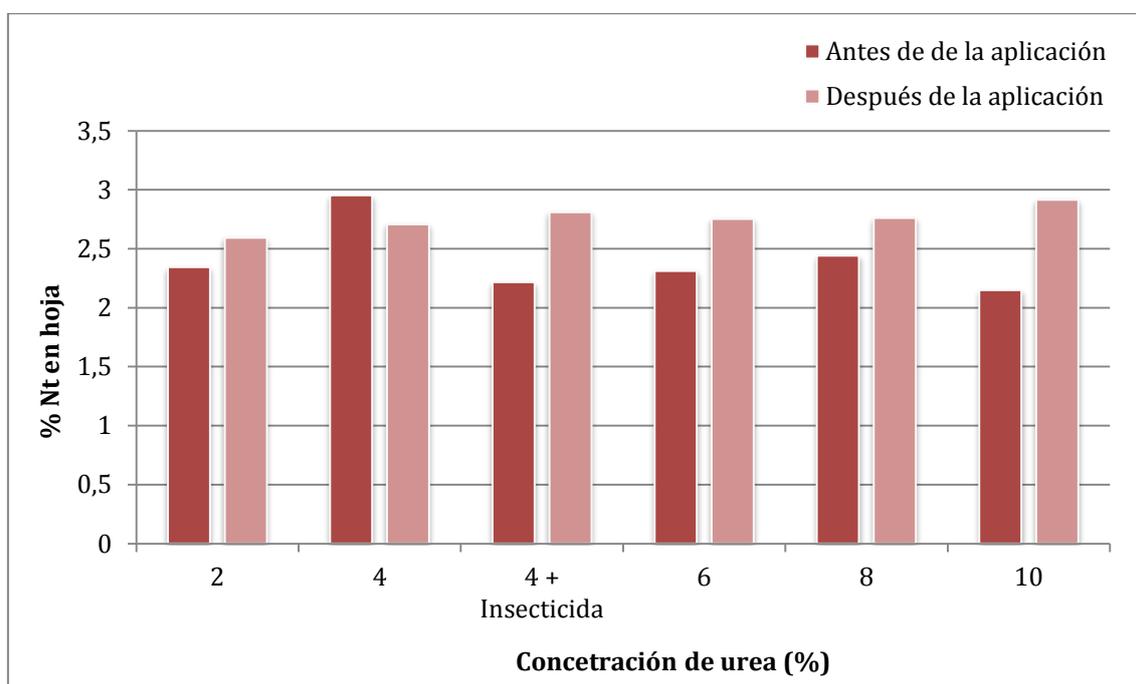


Figura 13. Segunda aplicación en primavera: Concentración de Nitrógeno (%) en hojas de avellano en pre-aplicación (0 DDA) y post-aplicación (3 DDA) de urea foliar (%).

4.3.3. Concentración de N antes y después de la tercera aplicación (otoño)

En esta época, los cambios en las concentraciones de Nt en hojas mostraron patrones similares a los observados en primavera, (figura 14). El contenido de Nt foliar aumentó solamente con el tratamiento de urea al 2%, cuyo contenido de Nt inicial o previa aplicación era menor al nivel óptimo.

Las concentraciones de Nt post-aplicación mostraron respuestas negativas (-0,36%) en los tratamientos con urea al 8 y 10%. Este último concuerda con lo observado por Cheng *et al.*, (2002) en manzano, reportando que los árboles con bajo contenido de Nt son más eficientes en la absorción y movilización del N de la urea foliar que aquellos con alto contenidos de Nt a nivel foliar. Ésta respuesta también puede estar relacionadas a daños importantes en hojas (AFN altos). Por otra parte, independientemente del daño en hoja y del estado de Nt inicial, se observó una respuesta lineal positiva a medida que la dosis de urea se incrementó.

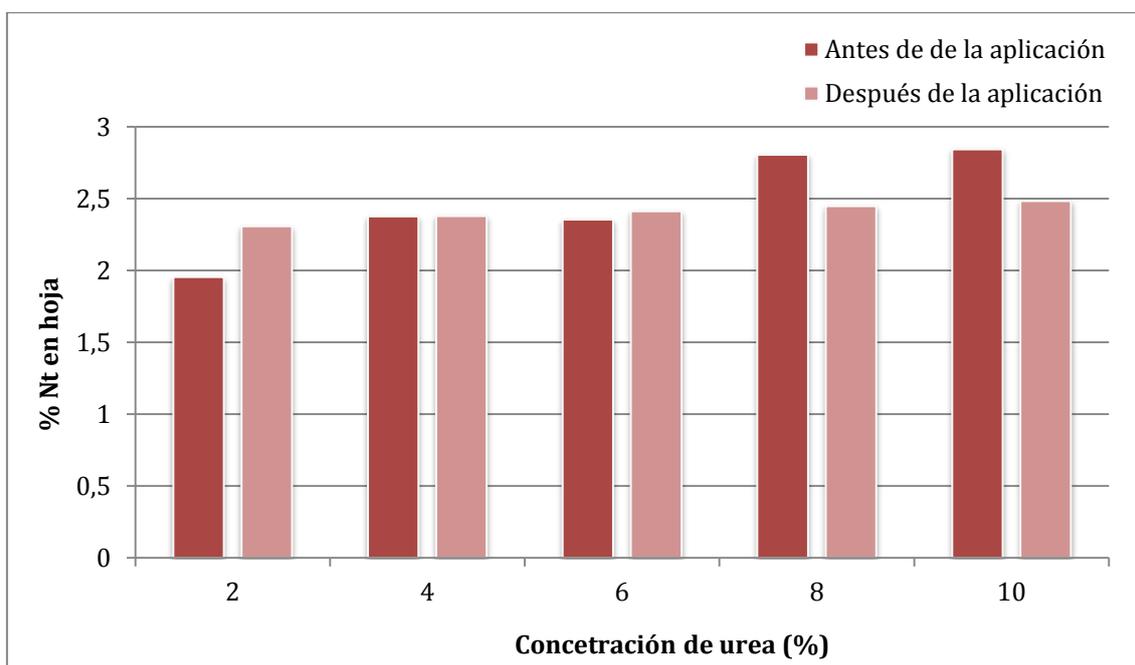


Figura 14. Tercera aplicación en otoño: Concentración de Nitrógeno (%) en hojas de avellano en pre-aplicación (0 DDA) y post-aplicación (3 DDA) de urea foliar (%).

4.4. Efecto de la aplicación de urea foliar con insecticida sobre el control de pulgones.

La urea al 4% en combinación con el insecticida (*imidacloprid*) aplicado vía foliar ejerció un control de la población de pulgones (*Myzocallis coryli*) mayor al 95% en las dos aplicaciones realizadas en primavera (tabla 7) (anexo 1). Además, se incrementó el contenido de Nt en hoja, y no generó daños foliares en el avellano.

Tabla 7. Cantidad promedio de pulgones por hoja y porcentaje de control antes y después de la aplicación foliar de urea al 4% combinado con insecticida (*imidacloprid*) (n=50).

Aplicación en primavera	Número medio de pulgones en hoja		Control (%)
	Pre-aplicación	Post-aplicación	
1 ^{era}	18 ± 9	1 ± 1	95,7
2 ^{da}	29 ± 18	1 ± 2	95,4

5. CONCLUSIONES

La primera aplicación foliar de urea realizada en primavera no generó daño en hojas en el avellano, tolerando hasta una dosis del 8%. Los daños se observaron luego de la segunda aplicación y en plantas tratadas con concentraciones elevadas (urea al 8% y 10%). En otoño, todos los tratamientos afectaron las hojas del avellano aumentando el efecto del estrés ambiental, observándose severas necrosis con dosis superiores al 8%. A diferencia de otros frutales, el avellano muestra una mejor tolerancia a aplicaciones foliares de urea en primavera que las realizadas a fin del ciclo o en post-cosecha.

Las plantas con bajos contenidos de Nt foliar (menor al valor óptimo) responden positivamente a aplicaciones de urea foliar aumentando la concentración en hoja, contrariamente las plantas con excesos de N foliar (mayor al óptimo) disminuyeron su contenido a niveles óptimos.

La aplicación foliar de urea al 4% mezclada con insecticida no generó daño en hojas y resultó efectivo para el control del pulgón del avellano. La compatibilidad de la urea con *imidacloprid* permitiría sincronizar las aplicaciones y disminuir los costos de las pulverizaciones. Dicha aplicación corresponde a 30 kg de urea ha⁻¹ que representaría un complemento y una disminución a la fertilización de urea al suelo, contribuyendo a un uso más eficiente del insumo, y un menor riesgo de contaminación por lixiviación a las napas freáticas.

La fertilización foliar con urea en avellano puede ser un complemento eficiente de abastecimiento de N, especialmente en las fases iniciales de crecimiento ya que tolera dosis más altas que las utilizadas en otros frutales.

Se deberían profundizar los estudios sobre la fertilización foliar con urea en avellanos, dada la complejidad de los múltiples factores (biológicos y ambientales) que influyen en la absorción, acumulación y movilización del nitrógeno, y su contribución sobre los componentes de rendimientos. La comprensión de la respuesta a la urea foliar es clave para la reproducibilidad de los tratamientos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alexander, A.** (1986). Optimum timing of foliar nutrient sprays. In *Foliar fertilization* (pp. 44-60). Springer Netherlands
- Bondada, B. R., Syvertsen J. P., Albrigo L. G.** (2001). Urea nitrogen uptake by citrus leaves. *HortScience* 36: 1061-1065.
- Cheng, L., Dong, S., Fuchigami, L. H.** (2002). Urea uptake and nitrogen mobilization by apple leaves in relation to tree nitrogen status in autumn. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77(1), 13-18.
- Cook J.A. y Boynton D.** (1952). Some factors affecting the absorption of urea by McIntosh apple leaves. *PROC. AMER. SOC. HORT. SCI.* 59: 82-90
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W.** InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Ellena M.** (2010). Polinización y manejo europeo. Instituto de investigaciones agropecuarias (INIA). Boletín N° 202. Chile. 88 pp.
- FAO** (2015). "Tecnologías de Aplicación de Riego Parcelario". Informe de Diagnóstico de los Principales Valles y Áreas con Potencial Agrícola de la Provincia de Río Negro. Documento de Trabajo N°10. Proyecto FAO UTF ARG 017 - Desarrollo Institucional para la Inversión
- FAO. Faostat.** StatisticalDatabase. Disponible en: <http://www.faostat.fao.org/faostat> Acceso 7 de agosto 2017.
- Fernández, V., Sotiropoulos, T., Brown, P.** (2013). Foliar fertilization: scientific principles and field practices. International Fertilizer Industry Association, Paris, France.
- Germain, E. y Sarraquigne, J.P.** (2004). Le noisetier. Centre Technique Interprofessionnel des FruitsetLégumes, Intituit National de la RechercheAgronomique, association Nationale des Producteurs de Noisette. París, France 296 p.
- Johnson, R. S., Rosecrance, R., Weinbaum, S., Andris, H., Wang, J.** (2001). Can we approach complete dependence on foliar-applied urea nitrogen in an early-maturing peach?. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 126(3), 364-370.
- Klein, I. y S.A. Weinbaum.**(1985). Foliar application of urea to almond and olive: leaf retention and kinetics of uptake. *J. Plant Nutr.* 8:117
- Olsen, J.L., Sanchez, E.I. and Righetti, T.L.** (2000). Absorption and distribution of isotopically labeled nitrogen in the hazelnut tree following ground and foliar applications. In *V International CongressonHazelnut 556* (pp. 437-444).
- Papadaskis, J.** (1960). Clima y Ecología. Plan de Desarrollo Agrícola del Valle de Viedma. Anexo1. Consejo Agrario Nacional. Italconsult, Roma.

- Rolka J. P., Ferracuti, W. A., Martin D. M.** (2014). Manual de pautas tecnológicas para la producción de avellanos en Río Negro. INTA EEA Valle Inferior del Río Negro. Cap 5.
- Rosecrance, R. C., Johnson, R. S., Weinbaum, S. A.** (1998). The effect of timing of post-harvest foliar urea sprays on nitrogen absorption and partitioning in peach and nectarine trees. *the Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73(6), 856-861.
- Sánchez, E. E.** (1999). Nutrición mineral de frutales de pepita y carozo. General Roca : . INTA-EEA Alto Valle del Río Negro, 1999. 196 p.
- Sánchez, E. E., Khemira, H., Sugar, D., Righetti, T. L.** (1995). Nitrogen management in orchards. *Nitrogen fertilization in the environment*, 327-80.
- Tagliavini, M., P. Millard, and M. Quartieri.**(1998). Storage of foliar absorbed nitrogen and remobilization for spring growth in young nectarine (*Prunuspersicavar. nectarina*) trees. *Tree Physiol.* 18:203-207.
- Toselli, M., Thalheimer, M., Tagliavini, M.** (2004).Leaf uptake and subsequent partitioning of urea-N as affected by the concentration and volume of spray solution and by the shoot leaf position in apple (*Malusdomestica*) trees.*TheJournal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(1), 97-100.
- Trinidad Santos, A. y Aguilar Manjarrez, D.** (1999).Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra*, 17, 247-255.
- Weinbaum, S. A., Klein, I., Broadbent, F. E., Micke, W. C., &Muraoka, T. T.** (1984). Effects of time of nitrogen application and soil texture on the availability of isotopically labeled fertilizer nitrogen to reproductive and vegetative tissue of mature almond trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 109(3), 339-343.
- Weinbaum, S.A.** (1988). Foliar nutrition of fruit trees. In: *Plant growth and leaf-applied chemicals*. (Neumann, P. E., Ed.). CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 81-100.
- Witte, C. P., Tiller, S. A., Taylor, M. A., & Davies, H. V.** (2002).Leaf urea metabolism in potato.Urease activity profile and patterns of recovery and distribution of 15N after foliar urea application in wild-type and urease-antisense transgenics. *Plant Physiology*, 128(3), 1129-1136.
- Wójcik, P.** (2004). Uptake of mineral nutrients from foliar fertilization [Review]. *Journal of fruit and ornamental plantresearch*, 12(Spec. ed.).

ANEXO 1

Tabla de obtención de Área Foliar Necrosada en porcentaje (%AFN) a partir del área foliar total (cm²) y el AFN (cm²) en pos-aplicación foliar con urea, en primavera.

UREA	2%			4%			6%			8%			10%		
	Nº de hoja	Área foliar (cm ²)	AFN (cm ²) AFN (%)	Área foliar (cm ²)	AFN (cm ²) AFN (%)	AFN (%)	Área foliar (cm ²)	AFN (cm ²) AFN (%)	AFN (%)	Área foliar (cm ²)	AFN (cm ²) AFN (%)	AFN (%)	Área foliar (cm ²)	AFN (cm ²) AFN (%)	AFN (%)
	1	s/d		s/d			s/d			115,1	3,1	2,7	92,2	6,2	6,7
	2	s/d		s/d			s/d			109,9	3,0	2,7	87,0	17,0	19,6
	3	s/d		s/d			s/d			105,6	0,8	0,8	72,8	0,6	0,9
	4	s/d		s/d			s/d			91,0	2,4	2,6	70,4	0,9	1,2
	5	s/d		s/d			s/d			62,3	1,8	2,9	95,3	9,1	9,5
	6	s/d		s/d			s/d			92,3	0,8	0,8	88,3	4,1	4,6
	7	s/d		s/d			s/d			109,1	2,7	2,5	148,6	21,3	14,3
	8	s/d		s/d			s/d			126,4	2,3	1,8	114,6	5,6	4,9
	9	s/d		s/d			s/d			123,3	4,4	3,6	111,9	11,0	9,9
	10	s/d		s/d			s/d			125,6	1,9	1,5	146,6	10,2	7,0
	11	s/d		s/d			s/d			107,0	2,2	2,0	76,8	3,3	4,2
	12	s/d		s/d			s/d			154,9	1,8	1,1	100,8	11,8	11,7
	13	s/d		s/d			s/d			129,7	3,1	2,4	88,6	2,1	2,4
	14	s/d		s/d			s/d			74,2	3,2	4,4	122,4	13,8	11,3
	15	s/d		s/d			s/d			68,1	1,6	2,4	80,3	10,6	13,2
	16	s/d		s/d			s/d			149,6	1,1	0,7	106,9	6,9	6,5
	17	s/d		s/d			s/d			60,3	0,3	0,5	109,2	4,6	4,2
	18	s/d		s/d			s/d			61,7	1,2	1,9	76,4	4,1	5,4
	19	s/d		s/d			s/d			120,7	2,8	2,3	118,9	13,6	11,4
	20	s/d		s/d			s/d			84,6	3,3	3,9	89,7	4,4	4,9
	21	s/d		s/d			s/d			101,2	2,7	2,7	58,5	1,0	1,8
	22	s/d		s/d			s/d			86,1	1,0	1,2	93,8	3,4	3,7
	23	s/d		s/d			s/d			102,6	1,1	1,1	62,7	3,6	5,7
	24	s/d		s/d			s/d			98,7	1,2	1,3	87,7	5,1	5,8
	25	s/d		s/d			s/d			130,5	1,3	1,0	60,5	1,3	2,2
	26	s/d		s/d			s/d			89,7	2,9	3,3	64,2	1,8	2,8
	27	s/d		s/d			s/d			108,5	1,3	1,2	111,0	7,9	7,1
	28	s/d		s/d			s/d			140,8	3,5	2,5	99,1	3,2	3,2
	29	s/d		s/d			s/d			89,6	2,2	2,5	127,6	5,2	4,1
	30	s/d		s/d			s/d			88,6	2,1	2,4	140,6	7,0	5,0
	31	s/d		s/d			s/d			72,8	0,6	0,9	123,1	3,5	2,8
	32	s/d		s/d			s/d			102,1	1,7	1,7	142,1	10,4	7,3
	33	s/d		s/d			s/d			70,4	0,9	1,2	55,6	4,7	8,5
	34	s/d		s/d			s/d			60,5	1,3	2,2	79,3	6,6	8,4
	35	s/d		s/d			s/d			102,1	1,7	1,7	109,0	9,2	8,5
	36	s/d		s/d			s/d			123,1	0,3	0,2	118,4	14,3	12,1
	37	s/d		s/d			s/d			102,8	2,3	2,2	104,3	7,0	6,8
	38	s/d		s/d			s/d			126,4	2,6	2,1	58,0	8,3	14,4
	39	s/d		s/d			s/d			120,6	1,6	1,3	133,1	7,6	5,7
	40	s/d		s/d			s/d			139,5	4,1	2,9	82,1	4,9	6,0
	41	s/d		s/d			s/d			80,4	1,8	2,2	89,6	2,2	2,5
	42	s/d		s/d			s/d			83,1	3,6	4,3	105,9	32,2	30,4
	43	s/d		s/d			s/d			79,9	2,1	2,7	117,2	3,9	3,3
	44	s/d		s/d			s/d			93,8	3,4	3,7	45,1	2,3	5,2
	45	s/d		s/d			s/d			99,1	3,2	3,2	127,5	11,8	9,3
	46	s/d		s/d			s/d			97,4	2,5	2,6	140,8	3,5	2,5
	47	s/d		s/d			s/d			119,5	1,4	1,1	85,4	5,3	6,3
	48	s/d		s/d			s/d			93,5	1,2	1,3	100,1	8,5	8,5
	49	s/d		s/d			s/d			89,8	0,5	0,5	70,6	4,5	6,3
	50	s/d		s/d			s/d			97,5	0,7	0,7	102,6	1,3	1,3
	promedio														7,0
	Desvio														5,2
	Máximo														30,4

Tabla de obtención de Área Foliar Necrosada en porcentaje (%AFN) a partir del área foliar total (cm²) y el AFN (cm²) en pre-aplicación foliar con urea, en otoño.

Nº de hoja	UREA 2%			4%			6%			8%			10%		
	Área foliar (cm ²)	AFN (cm ²)	AFN (%)	Área foliar (cm ²)	AFN (cm ²)	AFN (%)	Área foliar (cm ²)	AFN (cm ²)	AFN (%)	Área foliar (cm ²)	AFN (cm ²)	AFN (%)	Área foliar (cm ²)	AFN (cm ²)	AFN (%)
1	101,4	3,9	3,8	124,3	10,0	8,1	98,7	2,7	2,7	90,2	7,3	8,1	132,7	10,5	7,9
2	79,5	1,0	1,3	79,6	3,0	3,7	118,8	0,6	0,5	80,1	0,9	1,2	113,5	8,4	7,4
3	53,0	6,0	11,4	98,1	1,2	1,2	90,4	0,3	0,3	88,7	2,3	2,6	88,0	10,9	12,4
4	128,9	1,4	1,1	82,6	2,2	2,6	110,1	5,2	4,7	63,2	9,8	15,6	79,0	9,3	11,8
5	100,9	2,5	2,5	63,4	3,5	5,6	97,3	0,7	0,8	109,8	2,9	2,7	103,9	25,6	24,6
6	65,0	12,2	18,7	86,6	4,0	4,7	90,0	0,7	0,8	59,4	3,8	6,4	53,4	6,4	11,9
7	108,1	2,6	2,4	103,2	0,4	0,4	51,1	0,2	0,4	112,6	1,4	1,2	184,0	17,5	9,5
8	81,8	4,0	4,9	88,5	1,7	1,9	146,1	8,3	5,7	92,7	7,5	8,1	87,1	4,3	5,0
9	74,0	4,0	5,4	92,8	1,3	1,4	88,7	2,4	2,7	99,2	7,6	7,7	93,9	4,7	5,0
10	73,7	3,6	4,9	131,6	2,8	2,2	125,6	0,4	0,3	98,7	2,5	2,6	144,7	12,4	8,5
11	45,2	0,5	1,1	107,7	3,5	3,3	86,9	1,9	2,1	98,6	2,5	2,6	139,6	9,2	6,6
12	96,5	5,5	5,7	126,5	1,0	0,8	103,3	2,0	2,0	95,1	0,5	0,5	101,6	7,8	7,7
13	136,3	2,6	1,9	76,0	1,9	2,4	98,3	3,6	3,7	115,7	1,4	1,2	84,5	12,0	14,1
14	152,0	2,9	1,9	87,4	0,3	0,4	81,5	1,2	1,5	114,8	3,6	3,1	130,6	18,7	14,3
15	111,2	0,2	0,2	103,8	0,5	0,4	129,5	1,6	1,3	166,2	23,6	14,2	113,8	12,2	10,7
16	96,9	2,4	2,5	55,2	1,3	2,3	122,7	4,6	3,7	157,9	2,6	1,7	144,9	5,9	4,1
17	97,2	1,5	1,6	81,7	0,9	1,1	140,7	0,1	0,1	54,2	0,7	1,3	81,6	7,0	8,6
18	83,9	1,2	1,4	114,6	0,7	0,6	135,9	0,7	0,5	92,7	0,3	0,3	199,1	16,3	8,2
19	107,4	3,5	3,3	65,6	0,9	1,4	105,6	0,5	0,5	85,9	1,3	1,5	112,0	7,5	6,7
20	81,1	0,4	0,5	89,4	2,5	2,8	109,6	1,7	1,6	98,5	2,4	2,4	172,8	6,6	3,8
21	64,0	0,1	0,1	124,4	0,9	0,7	138,1	0,5	0,4	141,2	9,3	6,6	81,8	8,7	10,6
22	137,5	0,0	0,0	138,6	1,8	1,3	115,9	1,9	1,6	94,7	5,7	6,0	105,6	17,7	16,8
23	148,0	0,7	0,5	123,8	1,3	1,1	136,6	1,2	0,9	85,4	6,4	7,5	72,1	15,1	21,0
24	136,7	1,4	1,0	134,3	0,3	0,2	137,8	0,9	0,6	56,1	0,1	0,2	128,8	0,0	0,0
25	90,5	0,5	0,6	121,3	1,0	0,8	92,8	2,1	2,3	108,4	11,6	10,7	136,3	15,4	11,3
26	82,8	0,1	0,2	139,6	1,7	1,2	72,9	0,2	0,3	83,4	10,5	12,5	82,7	5,8	7,0
27	130,9	5,4	4,1	119,2	1,6	1,4	105,4	4,3	4,1	86,8	9,7	11,2	80,9	11,5	14,2
28	106,4	8,2	7,7	81,3	0,6	0,7	95,9	2,7	2,8	106,3	11,5	10,8	82,2	8,7	10,6
29	123,7	7,3	5,9	118,9	0,5	0,4	106,5	6,5	6,1	101,2	8,4	8,3	156,5	5,5	3,5
30	62,5	0,1	0,2	168,4	5,8	3,4	78,9	3,7	4,7	68,3	4,4	6,4	114,1	10,3	9,0
31	104,7	9,7	9,3	177,5	0,3	0,2	105,8	3,6	3,4	79,2	3,0	3,8	79,3	11,1	14,1
32	104,3	0,1	0,1	133,5	1,4	1,1	102,2	2,8	2,7	106,5	6,8	6,4	89,1	9,7	10,9
33	82,9	0,5	0,6	109,5	0,1	0,1	100,7	1,2	1,2	104,4	15,1	14,4	47,7	1,3	2,8
34	125,4	0,2	0,2	148,4	2,5	1,7	104,4	1,0	1,0	117,0	5,2	4,5	134,3	13,5	10,0
35	108,9	1,9	1,7	79,2	4,9	6,2	123,0	0,7	0,6	103,9	6,2	6,0	140,1	5,0	3,5
36	70,3	0,1	0,1	74,5	2,1	2,8	138,7	0,8	0,6	112,3	17,3	15,4	98,4	3,8	3,9
37	101,1	2,0	2,0	138,7	0,6	0,4	82,3	1,1	1,4	71,1	17,5	24,6	120,3	3,6	3,0
38	57,5	1,1	1,9	46,2	0,0	0,1	53,2	0,6	1,2	74,5	21,3	28,6	96,3	4,6	4,7
39	104,3	1,5	1,5	141,8	0,4	0,3	87,5	1,0	1,1	62,1	2,9	4,7	84,6	4,4	5,2
40	89,3	0,4	0,4	89,0	0,2	0,2	58,5	2,4	4,1	82,4	11,7	14,2	69,9	10,5	15,0
41	101,9	1,7	1,7	118,2	12,2	10,3	119,0	14,3	12,1	96,6	5,8	6,0	94,8	2,2	2,3
42	51,5	0,1	0,3	61,5	0,4	0,7	91,0	0,8	0,8	85,8	5,3	6,1	108,2	2,7	2,5
43	128,7	0,8	0,6	54,7	0,6	1,1	122,7	1,5	1,2	111,9	3,9	3,5	106,3	10,0	9,4
44	80,9	1,6	1,9	142,1	2,8	2,0	141,8	0,4	0,3	133,3	0,6	0,5	70,2	12,8	18,2
45	77,4	4,4	5,7	111,3	5,6	5,0	89,0	0,2	0,2	69,8	0,6	0,8	83,4	14,9	17,8
46	84,0	2,4	2,8	67,4	0,2	0,2	118,2	12,2	10,3	84,9	5,4	6,3	98,5	6,8	6,9
47	126,5	3,3	2,6	117,6	2,9	2,4	104,3	1,5	1,5	108,6	0,6	0,5	111,3	10,1	9,1
48	80,2	3,2	4,0	133,4	2,3	1,7	89,3	0,4	0,4	49,6	2,6	5,3	128,3	2,2	1,7
49	90,8	2,1	2,4	67,7	4,1	6,0	101,9	1,7	1,7	46,3	9,4	20,2	70,5	4,2	6,0
50	128,0	12,5	9,8	111,4	1,0	0,9	89,0	0,4	0,4	105,3	0,0	0,0	103,7	12,7	12,3
Promedio			2,9			2,0			2,1			6,7			9,0
Desvio			3,5			2,2			2,4			6,4			5,2
Máximo			18,7			10,3			12,1			28,6			24,6

Tabla de obtención de Área Foliar Necrosada en porcentaje (%AFN) a partir del área foliar total (cm²) y el AFN (cm²) en post-aplicación foliar con urea, en otoño.

Nº de hoja	UREA 2%			4%			6%			8%			10%		
	Área foliar (cm ²)	AFN (cm ²)	AFN (%)	Área foliar (cm ²)	AFN (cm ²)	AFN (%)	Área foliar (cm ²)	AFN (cm ²)	AFN (%)	Área foliar (cm ²)	AFN (cm ²)	AFN (%)	Área foliar (cm ²)	AFN (cm ²)	AFN (%)
1	93,9	2,2	2,4	116,0	3,3	2,8	107,1	1,9	1,8	93,4	11,5	12,3	98,3	25,1	25,5
2	93,8	1,3	1,4	101,3	12,6	12,4	108,7	0,8	0,7	116,3	0,5	0,4	103,5	33,7	32,6
3	65,6	1,8	2,8	113,0	7,1	6,3	123,4	4,0	3,2	101,5	0,3	0,3	83,1	38,8	46,7
4	116,3	8,4	7,3	116,0	8,0	6,9	89,6	8,2	9,2	104,7	5,8	5,5	106,1	35,0	33,0
5	98,9	9,0	9,1	121,3	7,8	6,4	110,7	1,6	1,4	86,5	1,1	1,3	87,0	24,1	27,6
6	97,0	13,5	13,9	137,8	12,5	9,0	141,1	6,8	4,9	106,7	1,5	1,4	80,5	20,4	25,3
7	85,9	9,2	10,7	105,2	3,1	3,0	94,3	2,9	3,0	120,4	0,3	0,3	93,8	8,6	9,2
8	156,7	11,8	7,5	78,5	7,1	9,1	102,2	4,4	4,3	114,1	0,7	0,6	105,0	39,0	37,1
9	115,9	15,9	13,7	115,6	6,4	5,6	131,2	10,4	7,9	136,7	2,3	1,7	96,0	27,2	28,3
10	95,4	11,4	11,9	152,5	7,3	4,8	89,1	6,2	7,0	118,9	25,6	21,5	134,0	66,1	49,3
11	96,5	3,0	3,1	66,7	1,5	2,3	97,9	6,0	6,1	95,6	19,6	20,5	88,8	69,1	77,8
12	100,9	11,7	11,6	98,9	3,2	3,3	66,0	1,9	2,9	85,3	22,7	26,6	118,1	37,0	31,3
13	105,8	7,1	6,7	84,5	8,2	9,6	112,1	5,8	5,2	107,2	15,8	14,7	73,3	15,9	21,8
14	83,9	8,7	10,4	81,9	11,7	14,2	125,1	4,8	3,8	88,6	11,9	13,4	53,5	28,1	52,6
15	86,6	5,1	5,9	101,0	6,8	6,7	121,5	18,3	15,1	105,8	14,7	13,9	127,2	36,7	28,9
16	117,5	12,4	10,5	114,3	6,6	5,7	105,8	1,7	1,6	110,0	7,4	6,7	82,8	20,3	24,6
17	96,4	2,9	3,1	89,9	4,8	5,4	124,6	13,6	10,9	118,5	11,5	9,7	89,4	23,0	25,8
18	158,2	5,9	3,7	80,9	4,3	5,4	84,6	5,9	7,0	95,2	19,5	20,5	113,8	31,4	27,6
19	140,9	3,0	2,1	89,0	14,6	16,4	106,8	16,1	15,1	128,9	11,6	9,0	136,9	43,8	32,0
20	122,8	2,5	2,0	120,8	8,5	7,0	108,8	17,6	16,2	136,2	12,5	9,2	121,1	41,1	34,0
21	104,7	2,3	2,2	91,9	7,0	7,6	113,0	7,9	7,0	124,2	8,4	6,7	124,5	61,8	49,6
22	71,6	1,1	1,5	67,4	3,0	4,5	71,5	8,3	11,6	119,0	16,5	13,9	133,6	55,7	41,7
23	91,0	3,6	4,0	86,3	1,2	1,4	144,0	33,0	22,9	112,2	12,7	11,3	73,4	35,2	47,9
24	104,3	3,7	3,5	122,4	3,4	2,8	84,4	12,4	14,7	89,9	20,4	22,7	130,5	39,0	29,9
25	76,3	3,7	4,9	125,7	3,9	3,1	89,6	9,3	10,4	135,7	8,4	6,2	135,9	73,0	53,7
26	83,2	1,3	1,5	87,7	3,4	3,9	87,4	2,6	3,0	107,0	41,8	39,1	124,2	41,8	33,6
27	112,0	2,5	2,2	87,4	5,9	6,8	131,3	8,2	6,2	80,9	21,9	27,0	62,6	24,5	39,1
28	87,0	2,3	2,6	83,6	3,6	4,4	92,0	13,7	14,9	107,8	22,2	20,6	130,0	45,7	35,2
29	62,7	4,1	6,5	86,6	3,3	3,8	110,8	3,2	2,8	120,0	18,7	15,6	99,4	23,3	23,5
30	113,9	0,6	0,5	78,4	1,3	1,7	199,5	11,7	5,9	91,6	27,8	30,4	111,3	37,0	33,3
31	150,7	0,2	0,1	110,4	3,6	3,3	148,7	1,2	0,8	114,3	38,9	34,1	88,2	29,9	33,9
32	88,6	5,2	5,9	94,0	2,2	2,4	106,6	16,5	15,5	140,0	15,5	11,1	79,3	22,8	28,7
33	115,4	0,3	0,3	126,4	4,5	3,6	130,9	3,5	2,7	99,8	12,0	12,0	79,9	23,1	28,9
34	131,2	0,5	0,4	110,9	4,1	3,7	104,1	9,7	9,4	88,7	13,5	15,2	81,8	26,4	32,2
35	59,9	1,1	1,9	150,4	2,7	1,8	130,6	6,6	5,0	97,3	16,8	17,3	85,7	23,0	26,9
36	112,7	4,3	3,8	125,4	5,9	4,7	127,5	6,1	4,8	127,7	47,4	37,1	80,7	30,4	37,7
37	91,1	1,0	1,1	112,7	4,9	4,3	100,6	3,8	3,8	112,1	30,2	26,9	58,5	18,7	31,9
38	103,1	9,9	9,6	157,0	8,7	5,5	108,8	4,0	3,7	106,9	5,4	5,0	77,1	14,7	19,1
39	100,4	10,2	10,2	82,1	6,5	7,9	82,3	1,4	1,7	114,3	20,6	18,0	93,5	32,4	34,6
40	65,8	8,5	13,0	89,0	8,4	9,5	104,0	2,6	2,5	137,0	33,4	24,3	80,6	26,6	33,0
41	109,4	15,7	14,3	91,3	3,3	3,6	119,6	4,0	3,3	104,5	20,5	19,7	77,8	13,4	17,2
42	79,1	5,9	7,5	92,1	4,1	4,4	145,5	3,5	2,4	145,2	26,6	18,3	95,0	27,6	29,1
43	104,7	13,6	13,0	149,9	5,9	3,9	113,0	5,8	5,1	143,1	15,8	11,0	120,8	27,7	23,0
44	111,2	9,3	8,4	126,2	8,6	6,8	113,1	1,3	1,1	126,9	32,8	25,8	93,1	33,1	35,6
45	86,8	11,2	12,9	113,4	5,0	4,4	138,5	4,8	3,5	118,6	22,2	18,7	140,8	36,6	26,0
46	109,8	14,2	13,0	75,9	5,9	7,7	109,0	2,4	2,2	114,8	14,8	12,9	109,0	44,7	41,0
47	109,5	11,2	10,3	138,2	3,6	2,6	130,8	2,4	1,8	90,0	6,8	7,5	128,7	41,3	32,1
48	77,6	8,5	11,0	131,7	12,4	9,4	88,6	2,9	3,3	94,4	2,3	2,4	100,9	34,1	33,8
49	67,6	1,7	2,5	135,2	9,0	6,6	84,2	2,4	2,8	78,5	9,8	12,4	122,6	57,6	47,0
50	133,5	5,0	3,8	124,1	12,5	10,1	83,3	3,6	4,4	99,0	4,9	4,9	120,3	29,7	24,7
Promedio			6,2			5,8			6,1			14,4			33,5
Desvio			4,5			3,2			5,0			9,9			11,1
Máximo			14,3			16,4			22,9			39,1			77,8

Tabla. Prueba de Tukey. Comparación de media de %AFN para los tratamientos: concentración de urea al 2% (T1), 4% (T2), 6% (T4), 8% (T5) y 10% (T6).

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AFN	250	0,83	0,83	36,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	28351,66	4	7087,91	305,31	<0,0001
Tratamiento	28351,66	4	7087,91	305,31	<0,0001
Error	5687,74	245	23,22		
Total	34039,40	249			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,63341

Error: 23,2153 gl: 245

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T2	5,76	50	0,68	A
T4	6,12	50	0,68	A
T1	6,26	50	0,68	A
T5	14,36	50	0,68	B
T6	33,50	50	0,68	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Prueba de Tukey. Datos de AFN transformados a raíz cuadrada. Concentración de urea al 2% (T1), 4% (T2), 6% (T4), 8% (T5) y 10% (T6). Análisis con datos de AFN transformados a raíz cuadrada para cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RAIZ AFN	250	0,81	0,81	19,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	435,07	4	108,77	266,74	<0,0001
Tratamiento	435,07	4	108,77	266,74	<0,0001
Error	99,90	245	0,41		
Total	534,97	249			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,34901

Error: 0,4078 gl: 245

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
T2	2,35	50	0,09	A
T4	2,40	50	0,09	A
T1	2,41	50	0,09	A
T5	3,71	50	0,09	B
T6	5,75	50	0,09	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Tabla. Recuento de pulgones hoja⁻¹ pre y post-aplicación (0 DDA y 15 DDA) con urea foliar al 4% combinado con insecticida (*imidacloprid*) en dos momentos de primavera (5 de noviembre y 10 de diciembre)

		Número de pulgones									
		Primera aplicación					Segunda aplicación				
		Planta					Planta				
Hojas		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Pre aplicación	1	8	30	9	26	12	50	30	32	7	50
	2	35	6	27	8	7	50	4	6	36	30
	3	13	25	28	15	18	38	15	30	33	50
	4	35	7	17	10	22	42	4	32	3	18
	5	30	23	8	9	15	15	12	50	50	6
	6	7	32	5	17	20	26	14	30	10	4
	7	16	9	26	12	35	50	23	50	50	1
	8	18	23	7	30	4	25	32	36	50	45
	9	15	11	23	23	12	30	50	9	38	50
	10	15	11	25	32	15	45	7	20	45	30
Post-aplicación	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
	2	0	2	0	0	0	0	0	0	6	0
	3	1	1	1	0	0	0	0	0	5	3
	4	1	0	1	2	1	0	0	0	0	2
	5	0	0	0	0	2	2	0	1	0	5
	6	0	0	0	2	1	0	2	0	3	11
	7	2	0	2	2	1	0	0	0	0	5
	8	0	2	4	1	0	0	5	0	1	0
	9	0	0	0	0	0	0	3	0	0	7
	10	1	1	2	1	2	2	0	2	0	1