



Antecedentes de la interacción agua-nitrógeno en el cultivo de papa consumo en la zona costera de La Araucanía

Dr. Mg.Sc. Rafael López-Olivari, Investigador en Ciencias del Riego

Dr. Mg.Sc. Sebastián Meier Romero, Investigador en Fertilidad de suelos y Nutrición Vegetal

Ing. Agr. Patricio Méndez Leal, extensionista rubro de papa

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS – INFORMATIVO Nº 115

Introducción

La papa es uno de los cultivos de mayor importancia a nivel nacional, concentrando su mayor producción en las regiones de La Araucanía (26%) y Los Lagos (33%) (ODEPA, 2017). Las necesidades hídricas y nutricionales de este cultivo varían de acuerdo a la zona edafotopoclimática y al objetivo productivo (papa “temprana”, “guarda” o “semilla”). En cuanto al régimen hídrico, es conocido que las precipitaciones en la zona centro sur de Chile, han presentado una alta variabilidad en la distribución, frecuencia e intensidad afectando directamente el potencial de rendimiento de este cultivo. Por otro lado, este cultivo requiere una elevada aplicación de fertilizantes debido a su baja eficiencia en la captura de nutrientes a nivel radicular. Si a este se le suma el alto costo de los fertilizantes, se hace necesario generar información actual y local respecto a los manejos más eficientes, para optimizar el agua de riego y la aplicación de fertilizantes, particularmente nitrógeno. En este sentido, estudios previos han evaluado el riego y fertilización nitrogenada de manera independiente, pero existe escasa información sobre la interacción agua-nitrógeno y sus efectos en el rendimiento y calidad del tubérculo.

Fertilización nitrogenada y manejo del riego

En la localidad de Tranapunte (comuna de Carahue; 38° 41'S; 73° 21'O; 67 m.s.n.m.) se evaluó, el efecto conjunto entre dosis crecientes de fertilización nitrogenada (Fuente amoniacal y nítrica) y diferentes aplicaciones de agua de riego a través del método por goteo (**Foto 1**), en la variedad Patagonia-INIA, plantada a fines de noviembre de 2017, en un suelo Andisol de la serie Puerto Saavedra (**Cuadro 1**).



Foto 1. Ensayo de papa consumo en la localidad de Carahue (Tranapunte)

Cuadro 1. Análisis químico del suelo utilizado en el ensayo. Tranapunte, noviembre 2017

Parámetro	Valor
pH (Agua)	5,8
Nitrógeno (ppm)	61,0
Fósforo (ppm)	24,24
Potasio (cmol+ kg ⁻¹)	0,94
Calcio (cmol+ kg ⁻¹)	5,89
Magnesio (cmol+ kg ⁻¹)	1,09
Sodio (cmol+ kg ⁻¹)	0,15
Aluminio (cmol+ kg ⁻¹)	0,21
CICE	8,28
Saturación de Aluminio (%)	2,50
Boro	0,87
Azufre	21,06

Los diferentes manejos de la fertilización nitrogenada se encuentran en el **cuadro 2**.

Cuadro 2. Aplicación de las dosis de fertilización nitrogenada

Tratamiento	Etiqueta	Detalle
0	Control	Sin aplicación de nitrógeno
100	N100	Aplicación de 100 unidades (50% a la siembra –CAN 27 y 50% a la aporca –urea-)
200	N200	Aplicación de 200 unidades (50% a la siembra –CAN 27 y 50% a la aporca –urea-)

Las dosis de fósforo y potasio se mantuvieron constantes durante el ensayo (400 unidades de P₂O₅ –aplicado como súper-fosfato triple- y 400 unidades de K₂O – aplicado como cloruro de potasio-, respectivamente)

En cuanto al agua aplicada, en el **cuadro 3** se indican los diferentes niveles de aplicación de riego utilizados en el ensayo. Las aplicaciones de riego completo (bien regado; 100%ETc), 75%ETc y secano fueron utilizadas en conjunto con las distintas dosis de fertilización nitrogenada.

Cuadro 3. Aplicación de las dosis de riego

Tratamiento	Etiqueta	Detalle
0	Control	Sin aplicación de riego
75	Riego intermedio	75% de la evapotranspiración del cultivo (ETc)
100	Riego completo	100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc)

La programación de riego en el tratamiento bien regado fue realizada mediante la interacción dinámica entre suelo-planta-atmósfera (**Gráfico 1**). El suelo es franco limoso con 41,8% y 23,6% de humedad volumétrica a capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP), respectivamente. Además, la densidad aparente fue de 0,78 g/cm³ y una materia orgánica (MO) de 14%. La parte atmosférica fue medida a través de una estación meteorológica automática (EMA) ubicada a 200 metros del estudio, donde se registraron en forma continua y durante todo el período de evaluación, las precipitaciones, radiación solar, temperatura del aire, humedad relativa del ambiente, dirección y velocidad del viento.

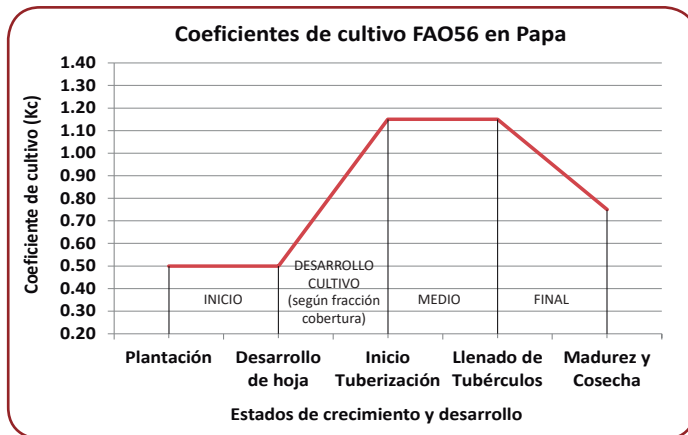


Gráfico 1. Curva de los coeficientes o factores de cultivo (Kc) para el cultivo de la papa de acuerdo a la metodología FAO 56

Resultados preliminares de fertilización nitrogenada-riego

En este ensayo se obtuvo una clara respuesta a la aplicación de agua y nitrógeno. En este sentido, una respuesta conjunta fue observada en términos de crecimiento vegetativo, rendimiento de tubérculos y calidad del producto cosechado (**Foto 2**).



Foto 2. Respuesta de la planta al tratamiento hídrico y dosis crecientes de nitrógeno

Requerimientos hídricos

Respecto a la demanda de agua del cultivo de papa variedad Patagonia-INIA en la zona costera de Carahue, se puede observar que el cultivo requiere entre 2.634 y 3.020 m³/ha/temporada (263 a 302 mm/ha/temporada), incluido el aporte de las lluvias naturales efectivas (109 mm). Sin embargo, la cantidad de agua aplicada solamente a través del riego varía entre 1.544 y 1.930 m³/ha/temporada (154 a 193 mm/ha/temporada). Para tener una idea, un cultivo de papa plantado a fines de noviembre necesitaría 9 a 10 riegos de entre 15,4 a 21,6 mm cada uno desde plantación hasta cosecha. Así, se debieran aplicar 4 riegos en enero y 5 riegos en febrero, mientras que si no se presentan lluvias efectivas (sobre 15 mm/día de manera continua aproximadamente una vez por semana), es necesario realizar riegos entre diciembre y marzo según sea el caso. Se recomienda siempre ir revisando la humedad del suelo a una profundidad efectiva de raíces (entre 25 y 35 cm en plantas en desarrollo).

Rendimiento de tubérculos

Existió una clara relación en la respuesta a la combinación de riego-nitrógeno en el rendimiento de tubérculos de papa consumo. En este sentido, la aplicación de riego prácticamente dobló la producción de tubérculos en comparación con tratamientos sin riego (media de los dos tratamientos evaluados), siendo incluso más efectiva que la aplicación de 100 unidades de nitrógeno en secano. Lo anterior tiene claras repercusiones en los manejos productivos del cultivo de papa para consumo. En cuanto a la respuesta de la planta al nitrógeno, se observó que niveles crecientes de N incrementaron los rendimientos en papa (con la excepción del tratamiento con 200 UN y 100%

de régimen hídrico). El **cuadro 4** muestra que aplicaciones de agua de riego un poco menores (25% menos de agua) a las necesidades hídricas del cultivo de papa, no afectarían el rendimiento en términos estadísticos. Lo anterior es crucial cuando no se tiene suficiente agua para realizar los riegos de una manera completa a lo largo de toda la temporada (entre noviembre y marzo). Por otro lado, las aplicaciones de las distintas dosis de nitrógeno muestran que usando 100 o 200 UN/ha, estadísticamente, son iguales. Es decir, si se aplica 100 o 200 UN/ha es poca la ganancia que se obtiene en el rendimiento de tubérculos. En este contexto, aplicaciones sobre 100 UN para un objetivo de papa consumo, no se justificaría bajo las condiciones específicas del sector de Tranapunte y sus alrededores. Si bien en este caso puntual no hubo interacción estadística, la tendencia es que aplicaciones sobre 100 UN/ha y bien regado disminuirían la producción en cerca del 20 a 25% del mejor tratamiento evaluado en este estudio.

Cuadro 4. Respuesta del rendimiento total variedad Patagonia INIA, para los diferentes niveles de agua y dosis de nitrógeno en la comuna de Carahue, Sector Tranapunte temporada 2017/2018

Localidad	Tratamientos	Rendimiento (t MF/ha)
Tranapunte	Niveles de agua aplicados	
	R1 (100%ETc)	87,4 a
	R2 (75%ETc)	83,9 a
	R3 (0%ETc)	47,8 b
	Significancia	***
	Dosis de Nitrógeno	
	N1 (200 UN)	79,1 a
	N2 (100 UN)	77,7 a
	N3 (0 UN)	62,3 b
	Significancia	*
	Riego x Nitrógeno	
	Significancia	n.s. (0,055)

Promedios en una columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Tukey (n.s.: no significativo; *p ≤ 0,05; ***p ≤ 0,001).

Respecto al peso fresco y seco de los tubérculos (**Cuadro 5**), se puede observar que aplicando un 25% menos de agua durante todo el período de crecimiento y desarrollo del cultivo de papa consumo, se obtienen los mismos pesos frescos y secos que un cultivo bien regado. Lo anterior es muy importante dado que por un lado se optimiza el recurso hídrico cuando es escaso y por otro

lado se mantiene el peso promedio por tubérculo para todas las dosis de nitrógeno aplicado. En relación a las dosis de nitrógeno, se puede observar algo parecido, pero más evidente para el peso fresco por tubérculo. Si bien no hubo interacción estadística significativa, la tendencia en estas variables es similar a lo ocurrido en la variable rendimiento en toneladas por hectárea. Así, aplicando dosis intermedias de nitrógeno (100 UN N/ha y agua 75%) se pueden obtener los mismos resultados que aplicando las dosis más altas en el manejo de la fertilización nitrogenada y agua aplicada.

Cuadro 5. Respuesta del peso promedio del tubérculo fresco y seco para los diferentes niveles de agua y dosis de nitrógeno

Localidad	Tratamientos	Peso fresco/tubérculo (g)	Peso seco/tubérculo (g)	
Tranapunte	Niveles de agua aplicados			
	R1 (100%ETc)	243 a	45,0 a	
	R2 (75%ETc)	254 a	47,3 a	
	R3 (0%ETc)	159 b	34,1 b	
	Significancia	***	***	
	Dosis de Nitrógeno			
	N1 (200 UN)	244 a	44,3	
	N2 (100 UN)	216 ab	42,8	
	N3 (0 UN)	196 b	39,2	
	Significancia	*	n.s.	
	Riego x Nitrógeno			
	Significancia	n.s.	n.s.	

Promedios en una columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Tukey (n.s.: no significativo; *p ≤ 0,05; ***p ≤ 0,001).

Calibre de los tubérculos

El calibre de los tubérculos se vio afectado por la dosis de riego y las concentraciones de fertilización nitrogenada aplicada al suelo (**Gráfico 2**). En este sentido, las plantas controles (0% de régimen hídrico y 0 UN aplicado) presentaron un bajo nivel de calibre del tubérculo, estando desde el rango 45-55 mm hacia abajo. Lo anterior cambia notablemente al adicionar nitrógeno (100 UN), donde solo el 20% del total presentó dicho calibre, mientras que cerca del 46% del total cosechado estuvo dentro de los

55-65 mm. Sin embargo, al aplicar 200 UN se observó un incremento importante de los “sobre calibres” (≥ 65 mm) alcanzando cerca del 40% de los tubérculos producidos. Por otro lado, si se aplica solo un 75% de las necesidades de agua en combinación a 0 UN, se presentó una disminución de los calibres más bajos y un mayor equilibrio comparado a sin riego con 200 UN. Además, se pudo observar que aplicando un 75% del agua de riego de las necesidades hídricas del cultivo de papa y con 200 UN presentaron sobre un 60% del total de tubérculos producidos sobre calibres (≥ 65 mm). Mientras que aplicando entre un 75 y 100% del agua de riego y con 100 UN se obtuvieron los mejores resultados donde casi no hubo calibres menores a 45 mm. Así, las combinaciones más óptimas son dependientes de las condiciones edafotopoclimáticas y donde el agua de riego y las aplicaciones de fertilizante nitrogenado juegan un rol importante para generar un buen rendimiento y calibres comerciales al menor costo posible.

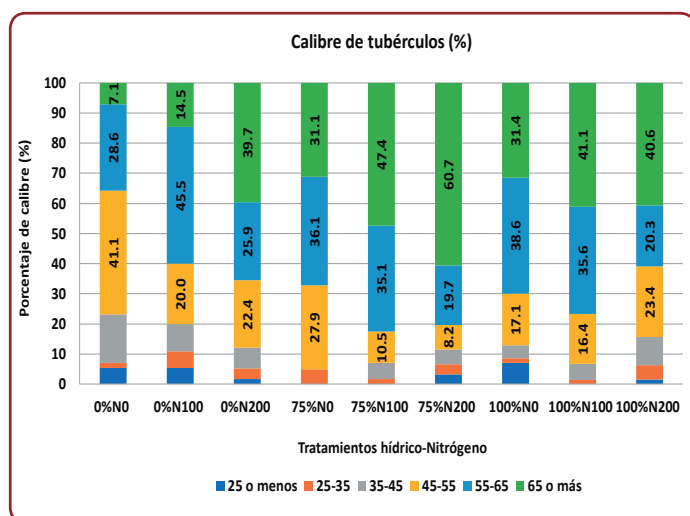


Gráfico 2. Respuesta de los calibres a los diferentes niveles de agua y dosis de fertilización nitrogenada durante la temporada 2017/2018

Eficiencia del uso del agua de riego (I_{EUA})

La I_{EUA} es la división entre los kilogramos de materia seca producida por la cantidad de agua de riego aplicado al cultivo de papa. Así, este parámetro depende mayoritariamente del agua más que las aplicaciones de

fertilizante nitrogenado. En este sentido, en el **cuadro 6** se pueden observar los diferentes valores obtenidos de I_{EUA} , donde los mayores valores fueron encontrados aplicando el 75% de las necesidades hídricas del cultivo con 2,13 kg MS/m³. Lo anterior significa que se obtienen cerca de un 15% más de kilogramos de tubérculo por m³ de agua aplicada, comparado con el tratamiento bien regado (aplicación del agua en los momentos que el cultivo lo requiere). Sin embargo, existe una tendencia que aplicaciones de fertilizante nitrogenado cerca de las 100 UN presentaría un mayor valor de I_{EUA} .

Cuadro 6. Respuesta de la eficiencia del uso del agua de riego (I_{EUA} , kg MS/m³) para los diferentes niveles de agua y dosis de fertilización nitrogenada

Localidad	Tratamientos	I_{EUA} (kg MS/m ³)
Tranapunte	Niveles de agua aplicados	
	R1 (100%ETc)	1,82 b
	R2 (75%ETc)	2,13 a
	Significancia	***
	Dosis de Nitrógeno	
	N1 (200 UN)	1,98
	N2 (100 UN)	2,05
	N3 (0 UN)	1,89
	Significancia	n.s.
	Riego x Nitrógeno	
Significancia	n.s.	

Promedios en una columna seguidos por la misma letra no difieren estadísticamente de acuerdo a la prueba Tukey (n.s.: no significativo; ***p \leq 0,001).

Recomendaciones y conclusiones

En vista de estos resultados es posible concluir que niveles intermedios de regímenes hídricos sumado a dosis medias de fertilizante nitrogenado (entre 75 y 100 un N/ha) tienden a maximizar los rendimientos de tubérculo de papa consumo. Consecuentemente, es necesario restringir dosis altas de fertilización nitrogenada porque tienden a disminuir el rendimiento de papa consumo.

Permitida la reproducción total o parcial de esta publicación citando la fuente y el autor.

La mención o publicidad de productos no implica recomendación INIA.

INIA Carillanca, km 10 Camino Cajón-Vilcún - Fono (45) 2 297100 - Casilla 929 - Temuco