

# Efecto de diferentes niveles de tensión de humedad del suelo y fertilización química sobre los componentes del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum* L.)

Effects of different soil water tension and fertilization levels on the components in potato yields (*Solanum tuberosum* L.)

M. Maffei<sup>1</sup>, I. Quintero<sup>1</sup> y L. Rázuri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario Rafael Rangel, Laboratorio de Fisiología Poscosecha, CP 3150. Trujillo, Venezuela.

<sup>2</sup>Universidad de Los Andes, Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), Apartado postal 219. Mérida, Venezuela.

## Resumen

En un experimento de campo conducido en el Páramo de Cabimbú municipio Urdaneta del estado Trujillo, República Bolivariana de Venezuela, ubicado a una altitud de 2827 msnm, se evaluaron los componentes del rendimiento en un cultivo de papa variedad 'Andinita', como respuesta a diferentes niveles de tensión de humedad del suelo (THS) y fertilización química (FQ). Se utilizó un diseño experimental en parcelas divididas con arreglo factorial de los tratamientos 3<sup>2</sup> con dos repeticiones y distribución totalmente aleatoria de las unidades experimentales. En las parcelas principales se evaluaron tres niveles de THS: -12, -24 y -36cb; en las parcelas secundarias se colocaron tres combinaciones de FQ: 100N 180P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80K<sub>2</sub>O, 200N 280P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 160K<sub>2</sub>O y 300N 380P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 240K<sub>2</sub>O (kg.ha<sup>-1</sup>). Los componentes del rendimiento evaluados fueron biomasa de tubérculos comerciales (BTC), biomasa de tubérculos no comerciales (BNC) y biomasa de todos los tubérculos (BTT), además se cuantificó el rendimiento comercial (RC), rendimiento no comercial (RNC) y rendimiento total (RT). Para BTC los mayores valores de tubérculos fueron cosechados en las combinaciones de 200N 280P 160K con TSH de -12cb (208 g), y con 100N 180P 80K a -24 (202,2 g) y -36cb (202,5 g). A bajos niveles de fertilización el BNC es mayor. El mayor valor de BTT se

registró con el nivel de humedad a -12 cb. Para RC la mejor condición de manejo fue de -24 cb y 200N 280P 160K. Bajo las condiciones en las cuales se realizó este estudio no se encontraron efectos significativos sobre la variable RT.

**Palabras clave:** variedad 'Andinita', riego por goteo, nitrógeno, fósforo, potasio.

## Abstract

A field test was conducted at the Paramo of Cabimbú, Urdaneta municipality of Trujillo state in the Bolivarian Republic of Venezuela, located at an altitude of 2827 masl. The yield components of the potato 'Andinita' variety were evaluated based on different irrigation regimes and chemical fertilization levels. The research was conducted under an experimental design corresponding to a two-factor split plot design at three levels: soil water tension (SWT) of -12, -24 and -36cb, and fertilization levels (F) of 100N 180P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80K<sub>2</sub>O, 200N 280P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 160K<sub>2</sub>O and 300N 380P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 240K<sub>2</sub>O expressed in kg.ha<sup>-1</sup>. The analyzed variables were marketable weight (MW), non-marketable weight (NMW), total average weight of tubers (AWT), the marketable yield was quantified by m<sup>2</sup> (MY), non-marketable yield by m<sup>2</sup> (NMY) and total yield (TY) in kg.ha<sup>-1</sup>. For MW the higher average weight of tubers were harvested in combinations with SWT of -12cb (208 g), and 100N 180P 80K to -24 (202.2 g) and -36cb (202.5 g). The NMW is higher at low levels of fertilization, while at high levels of fertilization occurs otherwise. The highest WAT value was recorded with the humidity level to-12 cb. The best handle condition for MY was-24 cb and 200N 280P 160K. Under the conditions in which this study was conducted, none significant effects were found on the variable TY.

**Key words:** Andinita variety, drip irrigation, nitrogen, phosphorus, potassium.

## Introducción

La papa es un rubro de gran importancia principalmente en la región andina, aunque en estas zonas productoras los sistemas de producción predominantes son relativamente de pequeña extensión, entre 1 y 5 ha, constituyen un importante ingreso para estas familias.

En el estado Trujillo este rubro se cultiva durante prácticamente todo el año, a excepción de aquellas áreas sobre los 3600 msnm donde no se cultiva entre diciembre y febrero para evitar pérdidas por heladas; esta larga temporada de producción es posible

## Introduction

Potato is a product with great importance mainly in the Andean region, though in these produce areas, the most important production systems have a relatively small extension, from 1 to 5 ha, constituting an important income for these families. In Trujillo state, this product is practically cropped during all the year, excepting in those areas over 3600 masl, where the product is not cultivated from December to February to avoid losses due to the cold weather; this long production season is possible due to the irrigation. Cabimbú parish, according

por la aplicación de riego. La parroquia Cabimbú, de acuerdo al último censo agrícola 2008 produce 4.655 Tm de papa, en una superficie sembrada de 349,13 ha y cosechada de 316,95 ha, con un rendimiento de 14.686 kg.ha<sup>-1</sup> (MPPAT, 2010).

Estudios han concluido que la disponibilidad de agua en el suelo es el factor más limitante para la producción y calidad de los tubérculos (Fabeiro *et al.*, 2001), la reducción en el rendimiento del cultivo es consecuencia del poco desarrollo de las hojas que disminuye la actividad fotosintética, debido al estrés hídrico prolongado (Wullschleger y Oosterhuis, 1991), aunque una escasez de agua controlada ha demostrado mejorar la biomasa y calidad del tubérculo (Dalla Costa *et al.*, 1997). Además, se ha establecido que es posible aumentar el rendimiento del cultivo de la papa con programas adecuados de manejo del riego a lo largo de la fase de crecimiento (Ayas y Korukçu, 2010; Deblonde y Ledent, 2001; Panigrahi *et al.*, 2001).

En el sistema de producción de papa es común el uso intensivo de fertilizantes y agroquímicos, éstos van aumentando a medida que el cultivo avanza en el ciclo, la causa de este uso intensivo de fertilizantes es producto de una alta tasa de crecimiento de la planta, un ciclo de producción muy corto (entre 90 y 150 días) y un sistema radicular superficial.

Las recomendaciones de fertilización existentes para el cultivo son generales, éstas son resultado de análisis de suelo de rutina. Pocas experiencias han considerado el manejo de la fertilización química en conjunto con el plan de riego. En el oriente venezo-

to the last agriculture census of 2008, produces 4655 Tm of potato, in a surface sowed of 349.13 ha and harvested of 316.95 ha, with a yield of 14.686 kg.ha<sup>-1</sup> (MPPAT, 2010).

Researchers reports have concluded that the water availability in the soil is the most limited factor for the production and quality of these tubers (Fabeiro *et al.*, 2001), the reduction in the yield of this crop is due to the scarce development of leaves that reduce the photosynthetic activity, due to the extended water stress (Wullschleger and Oosterhuis, 1991), though a shortage of controlled water has proved to improve the biomass and the quality of the tuber (Dalla Costa *et al.*, 1997). Additionally, it has been established that it is possible to increase the yield of the potato crop with adequate irrigation schedule throughout the growth phase (Ayas and Korukçu, 2010; Deblonde and Ledent, 2001; Panigrahi *et al.*, 2001).

In the production system of potato is common the intensive use of fertilizers and agro-chemicals, the use of these increase at the time that the crops progresses in the cycle, the cause of this intensive use of fertilizers is product of a high grow rate of the plant, a very short cycle (from 90 to 150 days) and a superficial root system.

The existent fertilization recommendations for this crop are general, and these are the result of the routine soil analyses. Few experiences have considered the handle of the chemical fertilization along to the irrigation programs. In the east of Venezuela, researches reports have been

lano se han llevado a cabo estudios en cuanto al manejo de la fertilización en papa, en una investigación que agrupa estas experiencias se reporta que la mejor dosis para el cultivo de la papa fue de 200 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 150 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 150 kg.ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O este tratamiento fue utilizado en ausencia de aplicación de cal agrícola (Arismendi, 2002).

Otros reportes combinando diferentes dosis de NPK, arrojaron que la mejor fue 100 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 260 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 150 kg.ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O (Arismendi, 2002); resultado muy similar fue obtenido por Ávila (1985), este autor indicó como mejor dosis 1200 kg.ha<sup>-1</sup> del fertilizante fórmula comercial 12-24-12, en plantas sembradas a 20 cm sobre la hilera y tubérculos semillas de 55 g.

Cuando se estudia la clasificación de los componentes del rendimiento es pertinente acotar que intervienen criterios de selección que son condicionados por las exigencias del mercado destino de la producción. Existen temporadas en que el mercado es más exigente en el tamaño y uniformidad de tubérculos comerciales, así como otras en que se presenta escasez de semilla, entonces tubérculos que son catalogados como comerciales son destinados al almacenamiento para su posterior siembra.

Sobre la base de lo anteriormente expuesto y con el objetivo de determinar la respuesta de la papa variedad 'Andinita' al control de la humedad del suelo y la fertilización sobre los componentes del rendimiento, se instaló un ensayo de campo en donde se evaluó el efecto de distintos niveles de tensión de humedad en el suelo y la fertilización química aplicando de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O.

carried out in relation to the fertilization in potato, in a research that groups these experiences, is reported that the best dose for the crop of potato was of 200 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 150 kg.ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 150 kg.ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O this treatment was used in absence of the application of agricultural lime (Arismendi, 2002). Other reports combining different doses of NPK showed that the best was of 100 kg.ha<sup>-1</sup> of N, 260 kg.ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and 150 kg.ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O (Arismendi, 2002); a similar result was obtained by Ávila (1985). This author said that the best dose was 1200 kg.ha<sup>-1</sup> of the commercial fertilization formula 12-24-12 in plants sowed at 20 cm in a row, and seed tubers of 55 g.

When the classification of the yield components is studied it is important to mention that selection criteria intervene, which are conditioned by the market exigencies where the production will be sold. There are seasons where the market is more demanding in the size and uniformity of marketable tubers, as well as others where there is shortage of the seeds; therefore, the tubers that are cataloged as marketable are destined to storage for their posterior planting.

Because of the latter, and with the aim of determining the response of potato of the humidity soil control and the fertilization on the yield components in potato of the variety 'Andinita', a field research was done where the effect of different water tension levels in the soil were evaluated along to the chemical fertilization applying N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O.

## Materiales y métodos

Un ensayo de campo se desarrolló en una unidad de producción comercial de la localidad de Cabimbú, parroquia Cabimbú, del municipio Urdaneta en el estado Trujillo, República Bolivariana de Venezuela; ubicada a una altitud de 2827 msnm y geográficamente en las coordenadas 9°9'31''LN y 70°29'26''LO. Durante 145 días entre los meses de abril a septiembre del año 2009 se manejó el cultivo de papa de la variedad 'Andinita'. Se sembraron a mano tubérculos provistos de grelos fuertes y uniformes, éstos se colocaron con distanciamiento entre hileras de 0,6 m y entre plantas de 0,3 m, para una densidad de aproximadamente 55.555 plantas.ha<sup>-1</sup>, la calidad genética de estos tubérculos correspondió a semilla certificada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Trujillo).

Las condiciones meteorológicas que predominaron durante el experimento fueron registradas por una estación meteorológica automática marca Davis modelo Vantage Pro2™, ubicada en las cercanías del sitio del experimento. En el cuadro 1 se presentan los promedios mensuales durante el lapso del ensayo.

Para la estimación de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>o</sub>) y la evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) se determinó la precipitación efectiva (Pe) y se utilizó para estos cálculos el método descrito en FAO-56 (Allen *et al.*, 1998). Se registró un acumulado de 173 mm de Pe, una ET<sub>o</sub> de 393,2 mm y 315,7 mm para la ET<sub>c</sub>.

## Materials and methods

A field research was carried out in a commercial production unit in Cabimbú, Cabimbú parish, Urdaneta county, Trujillo state, Bolivarian Republic of Venezuela; located at an altitude of 2827 masl and in the coordinates 9°9'31''N and 70°29'26''W. For 145 days from April to September 2009, the potato crop of the 'Andinita' variety was conducted. Tubers coming from uniform and strong turnips were handed planted, these were located with a 0.6 m distance between rows and with 0.3 distance between plants, for a density of approximately 55555 plants.ha<sup>-1</sup>, the genetic quality of these tubers corresponded to the seed certified by the National Institute of Agriculture Researches (INIA- Trujillo).

The weather conditions that predominated during the experiment were registered by automatic weather station, Davis brand, model Vantage Pro2™, located near the place the experimental plot. In table 1 are presented the monthly averages during the research.

For estimating the reference crop evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) and the crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>), was determined the effective precipitation (Pe) and the method described in FAO-56 (Allen *et al.*, 1998) was used for the calculus. An accumulate of 173 mm of Pe, a ET<sub>o</sub> of 393.2 mm and 315.7 mm for ET<sub>c</sub> was registered.

In relation to the soil of the experimental plot, a sampling was done which showed as results loamy-sandy soils with a mean value of N (0.18%); high of P (70 ppm); mean of K (70 ppm);

**Cuadro 1. Comportamiento de algunas variables climáticas durante el período experimental (abril–septiembre 2009) en la localidad del Páramo de Cabimbú.**

**Table 1. Behavior of some climatic variables during the experimental period (April–September 2009) in Cabimbú.**

	TMI (°C)	TMA (°C)	P (mm)	HR (%)	Vv (m.s <sup>-1</sup> )	RS (MJ.m <sup>-2</sup> .día <sup>-1</sup> )
Abril	6,3	16,1	43,6	86,0	3,15	16,11
Mayo	7,1	17,7	94,2	81,2	3,33	17,87
Junio	7,8	19,3	74,8	82,4	3,17	18,37
Julio	7,2	18,2	76,6	72,7	3,28	17,81
Agosto	7,9	18,3	44,4	80,4	2,71	17,89
Septiembre	8,1	18,4	26,0	73,5	2,74	21,29
Promedio	7,4	18,0		79,4	3,06	18,22
Total			359,6			

TMI= Temperatura mínima; TMA= Temperatura máxima; P=Precipitación; HR=Humedad relativa; Vv=Velocidad del viento y RS=Radiación solar.

Con relación al suelo de la parcela experimental, se realizó un muestreo que arrojó como resultado suelos franco arenosos, con valor medio de N (0,18%); alto de P (70 ppm); medio de K (70 ppm); medio de Ca (1040 mg.kg<sup>-1</sup>); nivel bajo de Mg (168 ppm). El pH 5,2 indicó que la reacción del suelo era ácida, la conductividad eléctrica fue de 0,42 dS.m<sup>-1</sup> (1:2,5) evidenciado que no presentó problemas de salinidad, el contenido de materia orgánica fue de 3,8%, y la densidad aparente se ubicó entre 1,49-1,57 Mg.m<sup>-3</sup>.

El ensayo fue conducido bajo un diseño experimental en parcelas divididas con arreglo factorial de los tratamientos 3<sup>2</sup> utilizando dos repeticiones y con distribución totalmente aleatoria de las unidades experimentales. En las parcelas principales se

mean of Ca (1040 mg.kg<sup>-1</sup>); low value of Mg (168 ppm). The pH 5.2 indicated that the soil reaction was acid, the electrical conductivity was of 0.42 dS.m<sup>-1</sup> (1:2.5) evidencing that it did not have any salinity problems, the content of organic matter was of 3.8% and the bulk density located from 1.49-1.57 Mg.m<sup>-3</sup>.

The field experiment was carried out in an experimental split plot design of the treatments 3<sup>2</sup> using 2 replications and randomized distributions of the experimental units. In the main plots were evaluated 3 levels of the soil water tension factor (SWT), and in the secondary plots 3 levels of the chemical fertilization factor (F).

The dimensions of the main plots were 30 m of length per 10 m of width,

evaluaron tres niveles del factor tensión de humedad del suelo (THS) y en las parcelas secundarias tres niveles del factor fertilización química (FQ).

Las dimensiones de las parcelas principales quedaron de 30 m de largo por 10 m de ancho, para un área total de 300 m<sup>2</sup> cada una; y las parcelas secundarias tenían 10 m de largo y 10 m de ancho para un área de 100 m<sup>2</sup>.

La subparcela quedó constituida de 18 hileras con 30 plantas cada una, se destinaron 4 hileras para bordura, dos a cada lado de la subparcela; así mismo las primeras cuatro plantas, dos a cada extremo del pasillo fueron destinadas a compensar el efecto de borde. El área efectiva de cada subparcela fue de aproximadamente 50 m<sup>2</sup>.

Posterior a la comprobación del cumplimiento de los supuestos del ANOVA, todos los resultados de las variables evaluadas fueron sometidos a análisis de varianza multifactorial, se utilizó para esto el paquete estadístico SAS<sup>®</sup> versión 9.0 (SAS, 2002).

La provisión de riego se realizó por intermedio de una cinta de goteo marca Siberline P1 Ultra 22 mm 8 mil, con distanciamiento entre goteros de 0,3 m, de caudal nominal de 1,5 L.h<sup>-1</sup>, para una presión de operación de 1 bar o 10,33 metros de columna de agua (mca). El coeficiente de variación proporcionado por el fabricante era 0,025 y la ecuación de descarga  $q_{(L.h^{-1})} = 1,489 \times h_{(bar)}^{0,577}$ ; el caudal medio ajustado para el diseño resultó de 1,56 L.h<sup>-1</sup>. Fue utilizado un cabezal de riego por goteo con un filtro de anillas marca AZUD Modelo MIX A-25/M de 130 micrones provisto de un inyector tipo Venturi de 3/4" para fertirrigación.

for a total area of 300 m<sup>2</sup> each; and the secondary plots had 10 m of length and 10 m width for an area of 100 m<sup>2</sup>.

The sub-plot was constituted by 18 rows with 30 plants each, 4 rows were destined for edging, 2 on each side of the sub-plot; likewise, the first 4 plants, 2 on each extreme of the aisle, were destined to compensate the border effect. The effective area of each sub-plot was of approximately 50 m<sup>2</sup>.

Posterior to the verification of the adherence of the ANOVA assumptions, all the results of the evaluated variables were submitted to the multivariate variance analysis, for this, the statistical software SAS<sup>®</sup> version 9.0 was used (SAS, 2002).

The drip-irrigated treatments was applied using a dripline brand Siberline P1 Ultra 22 mm 8 mil wall thickness, with dripper's spaced at of 0.3 m and flow rate of 1.5 L.h<sup>-1</sup>, for an operating pressure of 1 bar or 10.33 meters of water column (mWC). The variation coefficient provided by the manufacturer was of 0.025 and the flow equation  $q_{(L.h^{-1})} = 1.489 \times h_{(bar)}^{0.577}$ ; the medium flow rate adjusted for the design resulted of 1.56 L.h<sup>-1</sup>. An drip irrigation station was used with a disc filter brand AZUD model MIX A-25/M of 130 micron provided by an type Venturi injector 3/4" for the fertirrigation.

For the irrigation schedule, three treatments were established to try to keep the SWT in the levels of -12 -24 and -36 centibars (cb). Using tensiometers of ceramic porous cup brand Irrrometer<sup>®</sup> and Soilmoisture<sup>®</sup> was controlled the soil water potential ( $\psi$ ), in these monitors was tested the  $\psi$  every two days to determine whether it was

Para el manejo del riego se establecieron tres tratamientos que procuraron mantener la THS en los niveles de -12, -24 y -36 centibares (cb). Con el uso de tensiómetros de cápsula porosa marca Irrrometer® y Soilmoisture® se controló el potencial hídrico del suelo ( $\psi$ ), en estos tensiómetros se comprobó el  $\psi$  cada dos días para determinar si era o no necesario aplicar el riego, con el objeto de mantener la THS en los niveles fijados.

La curva parcial de retención de humedad del suelo (CPRHS) se determinó en muestras de suelo no disturbado las cuales se tomaron con cilindros de acero de diámetro de 25 cm y altura de 45 cm, siguiendo la metodología propuesta por Retzlaff y South (1985) con modificaciones. La determinación del punto de marchitez permanente se estableció en -1500 kPa y el contenido de humedad a esta tensión fue calculado por el método de la estufa en muestras sometidas a 110°C, hasta biomasa constante. Para la optimización de los parámetros de la CPRHS se utilizó con el software RETC® versión 6 (Van Genuchten *et al.*, 1998), de esta CPRHS se obtuvo la tensión de humedad en el suelo a capacidad del campo (CC) la cual se ubicó en -10cb y el contenido de humedad ( $\theta$ ) quedó establecido en 0,4415 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup>; para efectos del cálculo de la lámina útil, se fijó la profundidad radicular en 0,30 m.

La FQ con NPK fue ajustada de acuerdo a los resultados del análisis de suelo y la formulación fue realizada para proveer niveles establecidos en 100, 200 y 300 kg.ha<sup>-1</sup> de N, de 180, 280 y 380 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y de 80, 160 y 240 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

necessary or not to irrigate, with the aim of keeping the SWT in the fixed levels.

The partial soil water retention curve (PSWRC) was determined in undisturbed soil samples, which were taken with steel cylinders with 25 cm of diameter and 45 cm of height, following the methodology proposed by Retzlaff and South (1985) with modifications. The determination of the permanent wilting point was established in -1500 kPa, and the water content in this tension was calculated by the stove method in samples after oven-drying the soil at 110°C until constant weigh. For the optimization of the PSWRC parameters, the software RETC® version 6 was used van (Genuchten *et al.*, 1998), from this PSWRC was obtained the water tension in the soil at a field water capacity (FWC) which was located in -10 cb, and the water content ( $\psi$ ) remained in 0.4415 m<sup>3</sup>.m<sup>-3</sup> for effects of the calculus of the useful depth of irrigation, the root system depth was fixed in 0.30 m.

The F with NPK was adjusted according to the results of the soil analysis and the fertilizer formulations was done to provide levels established in 100, 200 and 300 kg.ha<sup>-1</sup> of N, of 180, 280 and 380 kg.ha<sup>-1</sup> of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and of 80, 160 and 240 kg.ha<sup>-1</sup> of K<sub>2</sub>O.

The fertilizers sources were: the compound fertilizer 12-12-17/2 SP commercially known was El Horticultor®; monoammonium phosphate (MAP) 11-52-0; the triple super phosphate separado sin el guion 0-46-0; potassium chloride 0-0-60 and Urea (46.6% of N).

The treatments expressed in kg.ha<sup>-1</sup> of nitrogen (N), phosphorous (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) and potassium (K<sub>2</sub>O) were



Las fuentes de fertilizantes fueron: la fórmula completa 12-12-17/2 SP conocida con el nombre comercial El Horticultor®; el Fosfato monoamónico (MAP) 11-52-0; el superfosfato triple 0-46-0; el cloruro de potasio 0-0-60 y Urea (46,6% de N).

Los tratamientos expresados en kg.ha<sup>-1</sup> de nitrógeno (N) fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y potasio (K<sub>2</sub>O) quedaron configurados de la siguiente manera: 100N 180P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80K<sub>2</sub>O, 200N 280P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 160K<sub>2</sub>O y 300N 380P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 240K<sub>2</sub>O. En lo sucesivo quedaron identificados los tratamientos así: 100N 180P 80K; 200N 280P 160K y 300N 380P 240K.

Una mezcla preparada en presentación granular se formuló para facilitar la dosificación de la misma, esto debido a que es práctica común en todos los Andes venezolanos aplicar el fertilizante en dos ocasiones, a la siembra y al aporque. El fertilizante químico granulado fue colocado en el fondo del surco y fraccionado de la siguiente manera: 1/3 del nitrógeno a la siembra y 2/3 al aporque, todo el fósforo a la siembra y para el potasio 1/2 a la siembra y 1/2 al aporque.

Todas las actividades destinadas al control de malezas, plagas y enfermedades, se realizaron de acuerdo a recomendaciones mínimas de productos químicos indicados en el paquete tecnológico recomendado para la zona. Las labores agronómicas correspondientes al aporque se realizaron a los 45 días después de la emergencia; el corte del follaje para la cosecha se hizo cuando se presentaron síntomas de madurez fisiológica en el cultivo, lo que ocurrió a los 125 días después de la emergencia.

configured as: 100N 180P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 80K<sub>2</sub>O, 200N 280P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 160K<sub>2</sub>O and 300N 380P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 240K<sub>2</sub>O. Hereafter, the treatments were identified as: 100N 180P 80K; 200N 280P 160K and 300N 380P 240K.

A mix prepared in a granulated presentation was formulated to facilitate the dosage of it, this is due to it is a common practice in all the Venezuelan Andes to apply the fertilizer twice, during the planting and hilling. The granulated chemical fertilizer was put on the bottom of the sowing and fractioned like this: 1/3 of the nitrogen to the sowing, 2/3 to the hilling, all the phosphorous to the sowing and 1/2 of potassium to the planting and 1/2 to the hilling.

All the activities destined to the control of weeds, pests and diseases were done according to the minimum recommendations of chemical products indicated on the technological manual recommended for the area. The agronomic labors corresponding to the hilling were done 45 days after the emergence; the cut of the fodder for the crop was done when were evidenced symptoms of physiological ripening in the crop, which occurred 125 days after of the emergence.

At the moment of the harvest, the marketable tubers weight was registered (MW) from 40-170 g; the non-marketable weight tubers (NMW) formed by all with weight < 40 g and that are regularly classified as seed and pasilla, included the ones with mechanical damages and/or deformations after the harvested tubers in the effective area of the plot; the weight of all the tubers generated (TWT) expressed in g.

Al momento de la cosecha se registró la biomasa de los tubérculos comerciales (BC) comprendida entre 40-170 g; la biomasa de tubérculos no comerciales (BNC) conformado por todos aquellos con biomasa <40 g y que se clasifican regularmente como semilla y pasilla, incluye los que presentaron daños mecánicos y/o de formaciones; a partir de todos los tubérculos cosechados en el área efectiva de la parcela, se generó la biomasa de todos los tubérculos (BTT) expresado en g.

Además se cuantificó el rendimiento comercial (RC), el rendimiento no comercial (RNC) expresados en  $\text{kg.m}^{-2}$  y el rendimiento total (RT) en  $\text{kg.ha}^{-1}$  que es la suma de ambos, obtenido este último por extrapolación de todos los tubérculos cosechados en el área del hilo de siembra (0,6 m x 10,0 m).

## Resultados y discusión

**Manejo y programación del riego.** Como resultado del manejo y la programación del riego, se presentan en el cuadro 2 la cantidad de agua aplicada para cada nivel de tensión de humedad en el suelo, así como el número de riegos a lo largo del ensayo. El tratamiento a -12cb resultó el de menor demanda de riego con 39,6 mm, así mismo se observa que la lámina total de reposición a -24cb fue de 124,3 mm y a -36cb fue de 84,9 mm.

Para el caso de la tensión a -12cb, se observó que el dosel del cultivo cubrió totalmente el suelo por lo que se redujo la evaporación correspondiente a suelo desnudo, reduciendo considerablemente la evapotranspiración con respecto a los dos restantes tratamien-

Also, were quantified the marketable yield (MY), the non-marketable yield (NMY) expressed in  $\text{kg.m}^{-2}$  and the total yield (TY) in  $\text{kg.ha}^{-1}$  that is the sum of both, the last one was obtained by extrapolation of all the tubers harvested in the effective plot (0.6 m x 10.0 m).

## Results and discussion

**Irrigation schedule.** As a result of the irrigation scheduling, on table 2 is presented the quantity of water applied for each water pressure level in the soil, as well as the irrigation number throughout the essay. The treatment at -12cb resulted to be the one with the lowest irrigation demand with 39.6 mm, likewise is observed that the total water reposition at -24cb was of 124.3 mm and at -36cb was of 84.9 mm.

For the pressure at -12cb, was observed that the crop canopy covered the soil completely thus the evaporation corresponding to the bare ground was reduced, considerably reducing the evapotranspiration regarding the rest of the two treatments. Only 15 irrigations were necessary during the crop cycle at this water pressure level of the soil.

In the treatment of the water pressure of the soil at -24cb, 21 irrigations were done and the pressure of -36cb required 24 irrigations. It is observed in the same table 2 that it was necessary a higher water applied quantity at -24cb than at -36cb with 124.3 and 84.9 mm respectively.

This can be explained because to have a potential difference of 5cb at an establish level, that is -30cb to -24cb, are necessary 3.82 mm. The same

**Cuadro 2. Manejo del riego de acuerdo al potencial hídrico del suelo, número de riegos, cantidad de riego aplicado y disponibilidad total de agua para papa var 'Andinita' en el Páramo de Cabimbú.**

**Table 2. Irrigation schedule according to the water potential of the soil, number of irrigations, quantity of irrigation applied and total water availability for potato of the variety 'Andinita' in Cabimbú.**

TSH	$\theta$ ( $m^3.m^{-3}$ )	Agotamiento (mm)	Número de riegos	Riego (R) (mm)	Pe (mm)	R+Pe (mm)
-12 cb	0,4322	6,1	15	39,5		212,5
-24 cb	0,3844	37,3	21	104,3	173,0	277,3
-36 cb	0,3518	58,6	24	83,4		256,4

TSH: tensión de humedad del suelo.  $\theta$ : contenido de humedad. Pe: precipitación efectiva.

tos. Sólo fueron necesarios 15 riegos durante el ciclo de cultivo a este nivel de tensión de humedad del suelo.

En el tratamiento de tensión de humedad del suelo a -24cb se realizaron 21 riegos y a la tensión de -36cb requirió de 24 riegos. Se observa en el mismo cuadro 2, que fue necesario una mayor lámina de reposición a -24cb que a -36cb, con 124,3 y 84,9 mm respectivamente.

Esto puede explicarse pues para llevar una diferencia de potencial de 5cb al nivel establecido, es decir, de -30cb a -24cb, son necesarios 3,82 mm. Esta misma diferencia de 5cb en el tratamiento de -36cb, es decir, de -42cb a -36cb, demanda una lámina de reposición de 2,25 mm. Si bien es mayor el número de riegos, la lámina suministrada resulta menor.

**Biomasa de tubérculos comerciales (BC).** La biomasa de los tubérculos comerciales es quizás para el productor, el más importante componente del rendimiento a la hora de

difference of 5cb in the treatment of -36cb, that is, from -42cb to -36cb, demands a water applied of 2.25 mm. If the risk number is higher, the supplied water is lower.

**Marketable tubers weight (MW).** The Marketable tubers weight may be for the farmer, the most important yield component at the time of evaluating the economic result of a practice such as drip-irrigation, and the chemical fertilization of the crop is formed by the Marketable tubers weight with biomasses higher than 40 g.

On table 3 are obtained the variance analysis for this component, this revealed significant differences for the level case of F and the SWT\*F interaction; in this variable, the quantity of nutrients available for the plant has more influence.

Since the SWT\*F interaction resulted to be significant in this variable, on figure 1 is presented the mean comparison of the F factor of each fix level of SWT. For the case of the SWT

evaluar el resultado económico de una práctica como el riego por goteo y la fertilización química del cultivo, está conformado por la biomasa de los tubérculos comerciales con biomásas mayores a 40 g.

Del cuadro 3 se obtienen los resultados del análisis de varianza para este componente, el mismo reveló diferencias significativas para el caso de niveles de FQ y la interacción THS\*FQ, en esta variable tiene mayor influencia la cantidad de nutrientes disponibles para la planta.

Debido a que la interacción THS\*FQ resultó significativa para esta variable, se presenta en la figura 1 la comparación entre medias del factor FQ a cada nivel fijo de THS. Para el caso del nivel de THS de -12cb el BC más elevado correspondió a la combinación de fertilizantes 200N 280P 160K con 208 g, las restantes dos combinaciones produjeron resultados estadísticamente iguales entre ellos con 152,9 y 140,8 g para las combinaciones de fertilizantes de 100N 180P 80K y 300N 380P 240K respectivamente. Revela este resultado que la combinación con los niveles altos de fertilización (100N 180P 80K) y nivel de humedad en el suelo de -12cb, no necesariamente producen tubérculos comerciales de mayor biomasa.

Rosen y Bierman (2008) reportaron que la aplicación de fertilizantes con altas dosis de fósforo aumentaron el rendimiento total de tubérculos y de tubérculos pequeños (<85 g), pero disminuyó la proporción de tubérculos más grandes (>285 g). Concluyeron estos autores que debido al incremento de tubérculos de menor tamaño, la aplicación de fertilizante con P no

level of -12cb, the most elevated MW corresponded to the combination of fertilizers 200N 280P 160K with 208 g, the rest of the two combinations produced statistically equal results among them with 152.9 and 140.8 g for the fertilizers combinations 100N 180P 80K and 300N 380P 240K respectively. This result reveals that the combination with the highest fertilization values (100N 180P 80K) and the water level in the soil of -12cb, not necessarily produce marketable tubers of higher weight.

Rosen and Bierman (2008) reported that the application of fertilizers with high doses of phosphorous increased the total yield of tubers and small tubers (< 85 g), but reduced the proportion of bigger tubers (>285 g). These authors concluded that due to the increment of tubers with smaller size, the application of fertilizer with P did not have a significant effect on the yield of marketable tubers (> 85 g). These results agree to the ones reported in the current research, because when increasing the quantity of fertilizers employed, the marketable yield increased but the weight of marketable tubers decreased (table 4).

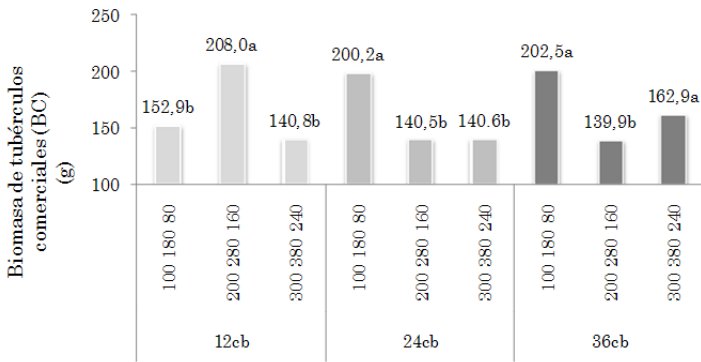
The highest weight's marketable tubers were harvested in the SWT levels of -24 and -36cb, in the plots were the combinations 100N 180P 80K were applied, though these plants produced lower number of tubers, these were the ones with higher weight. On table 4 are presented the average values and the correspondent tests for the simple effects in those variables where the SWT\*F interaction did not result to be significant.

**Cuadro 3. Análisis de varianza para las variables BC, BNC, BTT, RC, RNC y RT de tubérculos de papa var 'Andinita', sometida a diferentes niveles de riego y fertilización química.**

**Table 3. Variance analysis for the variables MW, NMW, AWT, MY, NMW and TY of potato tubers of the variety 'Andinita', submitted to different irrigation levels and the chemical fertilization.**

F V	gl	BC		BNC		BTT	
		CM	p>F	CM	p>F	CM	p>F
P. Principal							
THS (A)	2	111,26	0,5758NS	79,67	0,0141*	213,53	0,0127*
Error 1	3	166,78		3,28		8,20	
P. Secundaria							
FQ (B)	2	2094,23	0,0059**	450,47	0,0016**	121,83	0,3372NS
A*B	4	2424,12	0,0025**	180,48	0,0104*	301,80	0,0964NS
Error 2	6	153,98		20,03			
Total	17						
F V	gl	RC		RNC		RT	
		CM	p>F	CM	p>F	CM	p>F
P. Principal							
THS (A)	2	0,81	0,0142*	0,17	0,0019**	24113055	0,0748NS
Error 1	3	0,03		0,00		3469197	
P. Secundaria							
FQ (B)	2	1,07	0,0173*	0,22	0,0261*	33807809	0,2450NS
A*B	4	0,18	0,3251NS	0,11	0,0761NS	54167103	0,1198NS
Error 2	6	0,12		0,03		18841796	
Total	17						

\*Significativo  $\alpha=0,05$ ; \*\* Significativo  $\alpha=0,01$ ; NS; No Significativo. TSH: tensión de humedad del suelo. FQ: fertilización química. BC: biomasa de tubérculo comercial. BNC: biomasa de tubérculo no comercial. BTT: biomasa de todos los tubérculos. RC: rendimiento comercial. RNC: rendimiento no comercial y RT: rendimiento total. CM: cuadrado medio.



**Figura 1. Comparación entre medias de BC (Tukey  $P < 0,05$ ) para FQ a un nivel fijo de TSH, resultado de la significancia del efecto cruzado TSH\*FQ en papa var ‘Andinita’.**

**Figure 1. Mean comparison of MW (Tukey  $P < 0,05$ ) for F, a fix level of SWT, significance result of the crossed effect of SWT\*F in potato of the variety ‘Andinita’.**

tuvo efecto significativo en el rendimiento de tubérculos comerciales ( $>85$  g). Estos resultados concuerdan con lo reportado en esta experiencia, pues al aumentar la cantidad de fertilizantes empleados aumentó el rendimiento comercial pero disminuyó la biomasa de tubérculos comerciales (cuadro 4).

En los niveles de TSH de -24 y -36cb, las mayores biomásas de tubérculos comerciales fueron cosechados en aquellas parcelas donde se aplicaron las combinaciones 100N 180P 80K, aunque estas plantas produjeron menor número de tubérculos, éstos fueron de mayor biomasa. Los valores promedios y las pruebas correspondientes para los efectos simples, en aquellas variables en donde la interacción TSH\*FQ resultó no significativa, se presentan en el cuadro 4.

El detalle de todas las variables estudiadas para cada situación expe-

The detail of all the studied variables for each experimented situation of the water in the soil and fertilization.

Non-marketable tubers weight (NMW). For this variable was found that the simple effects as well as the SWT\*F interaction was significant (table 3).

On table 4 can be observed that at low fertilization levels the NMW is higher, the opposite occurs with elevate fertilization levels. On the other hand, the SWT level of -36cb caused the production of tubers with 35 g of weight, this value is the highest compared to the SWT from -12 and -24cb. The desirable is to obtain the lowest quantity possible of non-marketable tubers (cull), however, tubers with biomass higher than 30 g are useful as seeds.

The mean comparison of the F factor, taking each fix SWT factor, is presented in figure 2; the TSH level of

**Cuadro 4. Valores medios y pruebas de medias de efectos simples para las variables BC, BNC, BTT, RC, RNC y RT de tubérculos de papa var 'Andinita', sometida a diferentes niveles de THS y FQ.**

**Table 4. Mean values and mean tests of simple effects for the variables NW, NMW, AWT, MY, NMY and TY of potato tubers of the variety 'Andinita', submitted to different levels of SWT and F.**

	BC (g)	BNC (g)	BTT (g)	RC (kg.m <sup>-2</sup> )	RNC (kg.m <sup>-2</sup> )	RT (kg.ha <sup>-1</sup> x 10 <sup>3</sup> )
<b>THS</b>						
-12 cb	167,2	30,1	96,3 <sup>a</sup>	3,31 <sup>a</sup>	0,57 <sup>c</sup>	38,83
-24 cb	160,4	27,9	85,2 <sup>b</sup>	3,20 <sup>a</sup>	0,66 <sup>b</sup>	38,67
-36 cb	168,4	35,0	86,9 <sup>b</sup>	2,63 <sup>b</sup>	0,90 <sup>a</sup>	35,28
<b>FQ</b>						
100N 180P 80K	185,2	38,8	93,8	2,65 <sup>b</sup>	0,87 <sup>a</sup>	35,14
200N 280P 160K	162,8	32,5	89,6	3,01 <sup>ab</sup>	0,76 <sup>a</sup>	37,76
300N 380P 240K	148,1	21,7	84,8	3,49 <sup>a</sup>	0,50 <sup>b</sup>	39,88

Medias de cada grupo de datos acompañadas de diferentes letras, difieren significativamente (Duncan a  $P < 0,05$ ).

TSH: tensión de humedad del suelo. FQ: fertilización química. BC: biomasa de tubérculo comercial.

BNC: biomasa de tubérculo no comercial. BTT: biomasa de todos los tubérculos. RC: rendimiento comercial.

RNC: rendimiento no comercial y RT: rendimiento total.

rimentada de humedad del suelo y fertilización se presenta en el cuadro 5.

**Biomasa de tubérculos no comerciales (BNC).** Para esta variable se encontró que los efectos simples así como la interacción THS\*FQ fue significativa (cuadro 3).

En el cuadro 4, se puede apreciar que a bajos niveles de fertilización la BNC es mayor, en tanto que con elevados niveles de fertilización ocurre lo contrario. Por otra parte, el nivel de THS de -36cb provocó la producción de tubérculos con biomasa de 35 g, este valor es el mayor comparándolo con la THS de -12 y -24cb. Lo

-24cb did not show any statistical difference among the different F levels, thus, fluctuating the mean values of NMW from 23.8 to 32.7 g. The treatments of -12 and -24cb showed a decreasing tendency in the weight of non-marketable tubers at the time that increased the F value.

Elevate fertilization levels with SWT of -12cb and -36cb produce non-marketable tubers with lower weight (13.9-24 g respectively), in potatoes cropped under the conditions of the current research; the responsible nutrient of this behavior might be the phosphorous, since it has been reported

**Cuadro 5. Componentes del rendimiento para cada combinación de tratamientos sobre papa var 'Andinita', sometida a diferentes niveles de THS y FQ.**

**Table 5. Yield components for each combination of treatments on potato of the variety 'Andinita', submitted to levels SWT and F.**

THS	FQ	BC (g)	BNC (g)	BTT (g)	RC (kg.m <sup>-2</sup> )	RNC (kg.m <sup>-2</sup> )	RT (kg.ha <sup>-1</sup> x 10 <sup>3</sup> )
-12cb	100N 180P 80K	152,9±4,78	46,1±1,34	109,0±10,67	2,91±0,27	0,62±0,12	35,25±1,53
-12cb	200N 280P 160K	208,0±24,85	30,4±5,56	102,4±15,07	3,44±0,30	0,74±0,05	41,78±3,39
-12cb	300N 380P 240K	140,8±7,50	13,9±0,25	77,4±3,87	3,60±0,67	0,36±0,05	39,47±1,26
-24cb	100N 180P 80K	200,2±10,88	23,8±2,15	79,5±4,20	2,60±0,04	0,67±0,02	32,67±0,71
-24cb	200N 280P 160K	140,5±5,25	32,7±4,28	88,4±10,59	2,98±0,07	0,65±0,10	36,33±1,65
-24cb	300N 380P 240K	140,6±5,06	27,1±1,48	87,6±4,07	4,03±0,15	0,68±0,06	47,00±0,94
-36cb	100N 180P 80K	202,5±3,54	46,5±5,76	93,0±7,24	2,43±0,42	1,32±0,28	37,50±1,07
-36cb	200N 280P 160K	139,9±23,17	34,5±4,79	78,1±2,62	2,61±0,16	0,91±0,27	35,17±1,18
-36cb	300N 380P 240K	162,9±2,55	24,0±4,00	89,5±4,60	2,85±0,07	0,47±0,05	33,27±0,78

TSH: tensión de humedad del suelo. FQ: fertilización química. BC: biomasa de tubérculo comercial. BNC: biomasa de tubérculo no comercial.

BTT: biomasa de todos los tubérculos. RC: rendimiento comercial. RNC: rendimiento no comercial y RT: rendimiento total.



deseable es obtener la menor cantidad posible de tubérculos no comerciales (pasilla), sin embargo tubérculos de biomasa mayores a los 30 g son útiles para semilla.

La comparación entre medias del factor FQ tomando cada nivel fijo del factor THS se presenta en la figura 2; el nivel de THS de -24cb no mostró diferencia estadística entre los distintos niveles de FQ fluctuando los valores medios de BNC entre 23,8 y 32,7 g. Los tratamientos de -12 y -24cb mostraron una tendencia decreciente en la biomasa de tubérculos no comerciales a medida que aumentaba el nivel de FQ.

Niveles elevados de fertilización con NPK a TSH de -12cb y -36cb producen tubérculos no comerciales con biomasa menores (13,9–24 g respectivamente), en papas cultivadas bajo las condiciones de este ensayo; el

that it produces a yield increment of small tubers (Rosen and Bierman, 2008).

**Total average weight of tubers (WAT).** The highest value of WAT registered with the water level at -12cb with 96.3 g, being this value significantly different to WAT at the levels -24 and -36cb. Both the simple effect of the F factor and the SWT\*F interaction, resulted to be non-significant for this variable (table 3).

**Marketable yield (MY).** For this variable was found that the THS and FG had a simple significant effect, but this did not happen in the interaction SWT\*F, that is, it was not found none evidence that the water applied had an influenced on the marketable yield at the time that the F level varied.

The highest marketable yield was obtained in the SWT correspondent to -12cb (3.31 kg.m<sup>-2</sup>)

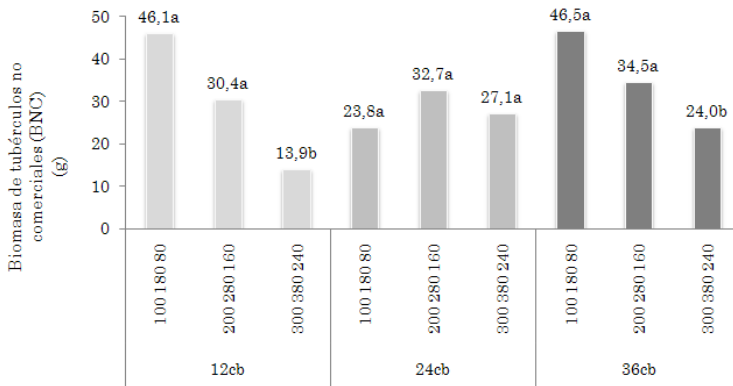


Figura 2. Comparación entre medias de BNC (Tukey P<0,05) para FQ a un nivel fijo de THS, resultado de la significancia del efecto cruzado THS\*FQ en papa var ‘Andinita’.

Figure 2. Mean comparison of NMY (Tukey P<0.05) for F at a fix level of SWT, significance result of the crossed effect SWT\*F in potato of the variety ‘Andinita’.

nutriente responsable de este comportamiento pudiera ser el fósforo pues se ha reportado que produce aumento del rendimiento tubérculo pequeños (Rosen y Bierman, 2008).

**Biomasa de todos los tubérculos (BTT).** El mayor valor de BTT se registró con el nivel de humedad a -12cb con 96,3 g siendo éste significativamente diferente al BTT a los niveles -24 y -36cb. Tanto el efecto simple del factor FQ la interacción THS\*FQ resultaron no significativos para esta variable (cuadro 3).

**Rendimiento comercial (RC).** Para esta variable se encontró que la THS y la FQ tuvieron efecto simple significativo, no así la interacción THS\*FQ, es decir, para las condiciones del ensayo no se encontró evidencia de que la lámina de riego influyera sobre el rendimiento comercial en la medida de que varía el nivel de FQ.

El mayor rendimiento comercial se obtuvo en las THS correspondientes a -12cb (3,31 kg.m<sup>-2</sup>) y -24cb (3,20 kg.m<sup>-2</sup>) ambos estadísticamente iguales. Las fórmulas 200N 280P 160K y 300N 380P 240K mostraron valores de 3,01 y 3,49 kg.m<sup>-2</sup> respectivamente, sin presentar diferencia estadística entre ellos (cuadro 4). Bélanger *et al.* (2000), encontraron que rendimientos totales y comerciales fueron mayores en la misma medida que aumentaron los niveles del riego, resultado éste que concuerda con lo obtenido en el presente estudio.

Rubio y Cadena (2012), reportaron que la dosis optima de nitrógeno fue de 200 kg.N.ha<sup>-1</sup> y que la forma más conveniente de aplicar el nitrógeno fue fraccionándolo en una o en dos partes, recomiendan que se haga al

and -24cb (3.20 kg.m<sup>-2</sup>) both statistically equal. The formula 200N 280P 160K and 300N 380P 240K showed values from 3.01 and 3.49 kg.m<sup>-2</sup> respectively, without presenting statistical difference in between (table 4). Bélanger *et al.* (2000), found that total yields and marketable yields were higher at the time that increased the irrigation levels, result that agrees to the ones obtained in the current research.

Rubio and Cadena (2012), reported that the optimum nitrogen dose was of 200 kg.N.ha<sup>-1</sup> and the most convenient way to apply the nitrogen was fractioning it into one or two parts, these authors recommend that this is done at the moment of the planting and 18 days after the emergence. These results agree to those obtained in the current research.

**Non-marketable yield (NMY).** When evaluating the simple effects individually, table 4 shows that the highest NMY reached applying 100N 180P 80K (0.87 kg.m<sup>-2</sup>) and 200N 280P 160K (0.76 kg.m<sup>-2</sup>), both statistically equal and independent to the water pressure level. On the other side, the pressure -36cb produced the highest value of NMY (0.90 kg.m<sup>-2</sup>), which causes more non-marketable tubers, situation that turns out to be undesirable. In conditions with elevated levels of available fertilizers is obtained a higher MY, thus, a lower NMY.

If the objective of the production system is to sell the tubers to be used as seeds, thus must be avoid the crop handle in situations that involve high doses of fertilizers such as the formula 300N 380P 240K (table 4).

momento de la siembra y a los 18 días después de la emergencia. Concuerdan estos resultados con los obtenidos en esta investigación.

**Rendimiento no comercial (RNC).** Evaluando los efectos simples por separado, el cuadro 4 muestra que los mayores RNC se alcanzaron con la aplicación de 100N 180P 80K (0,87 kg.m<sup>-2</sup>) y 200N 280P 160K (0,76 kg.m<sup>-2</sup>) ambas estadísticamente iguales e independientes del nivel de tensión de humedad. Por otro lado la tensión de -36cb produjo el mayor RNC (0,90 kg.m<sup>-2</sup>), es decir, muchos más tubérculos no comerciales, situación que no es deseable. En condiciones de elevados niveles de fertilizantes disponibles se obtiene un mayor rendimiento de RC y por ende menor rendimiento de RNC.

Si el objetivo del sistema de producción es la venta de tubérculos para semilla, entonces debe evitarse manejo del cultivo en situaciones que involucren elevadas dosis de fertilizante como con la fórmula 300N 380P 240K (cuadro 4).

**Rendimiento total (RT).** No se encontró evidencia de que los factores involucrados ni la interacción entre estos tuviesen influencia significativa sobre esta variable, es decir, todas las combinaciones de riego y fertilización lograron rendimientos totales similares (cuadro 3).

Si bien no hubo influencia de los factores estudiados sobre esta variable (cuadro 4), si se evalúa más detenidamente este cuadro, se evidencia una respuesta favorable en el RT con la THS a-12cb (38828 kg.ha<sup>-1</sup>) y con la FQ de 300N 380P 240K (39878 kg.ha<sup>-1</sup>).

Ahondando un poco más en relación a las combinaciones de los facto-

**Total yield (TY).** None evidence was found that the factors involved or the interactions among these had a significant influence on the variable, that is, all the irrigation combinations and the fertilization treatments achieved similar total yields (table 3).

Even though there was not any influence of the studied factors on this variable (table 4), if this table is evaluated more detailed, a favorable response is seen in the TY with the SWT at-12cb (38828 kg.ha<sup>-1</sup>) and with the F of 300N 380P 240K (39878 kg.ha<sup>-1</sup>). Studying a little more the combinations of the factors involved in this research regarding this variable, on table 5 can be observed a TY of 47000 kg.ha<sup>-1</sup> with a SWT at -24cb and a F with 300N 380P 240K, and of 41767 kg.ha<sup>-1</sup> at -12cb and a F with 200N 280P 160K.

These results agree to the ones obtained by Devaux *et al.* (1997) in Bolivia, who evaluated the agronomic response of the varieties Rosita and Waych'a at four levels of nitrogen and phosphorous, combined with two potassium levels; these authors indicated that the response of both varieties was very marked to the application of N and P, but the application of K did not have any significant effect; also, they established that the effect of the N and P levels on the number of tubers per plant follows the same tendency than yields, which indicates that the response of both varieties to the fertilization levels was due to the increment in the number of tubers rather than to the increment on the size of tubers.

res involucrados en el estudio sobre esta variable, en el cuadro 5 se aprecia un RT de 47000 kg.ha<sup>-1</sup> con la TSH a -24cb y la FQ con 300N 380P 240K, y de 41767 kg.ha<sup>-1</sup> a -12cb y la FQ con 200N 280P 160K.

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Devaux *et al.* (1997) en Bolivia, quienes evaluaron la respuesta agronómica de las variedades Rosita y Waych'a a cuatro niveles de nitrógeno y fósforo combinados con dos niveles de potasio, estos autores indicaron que la respuesta de ambas variedades fue muy marcada a la aplicación de N y P pero la aplicación de K no tuvo un efecto significativo; además establecieron que el efecto de los niveles de N y P sobre el número de tubérculos por planta sigue la misma tendencia que los rendimientos, lo que indica que la respuesta de ambas variedades a los niveles de fertilización se debió más al incremento del número de tubérculos, que al incremento del tamaño de los tubérculos.

## Conclusiones

En esta investigación se encontró evidencia de que la variedad 'Andinita' responde a la fertilización química y al manejo eficiente del riego para las variables Biomasa Comercial y no Comercial.

Los más altos registros de rendimiento comercial se obtuvieron a las tensiones de -12cb y -24cb; del mismo modo las fórmulas 200N 280P 160K y 300N 380P 240K mostraron los más elevados rendimientos. La mejor condición de manejo de riego y fertilidad para este cultivo debe ser diseñada a una THS de -24cb y con aplicación de fertilizantes de 200N 280P 160K.

## Conclusions

During the research was found that the variety 'Andinita' responds to the chemical fertilization and the efficient handle of the irrigation for the variables of the commercial and non-commercial biomass.

The highest registers of marketable yield were obtained with the pressures of -12cb and -24cb; likewise, the formula 200N 280P 160K and 300N 380P 240K showed the highest yields. The best handle condition for irrigation and fertility for this crop must be designed with a SWT of -24cb and applying the fertilizer 200N 280P 160K.

None significant effects were found on the variable of total yield under the conditions of the current research.

## Recommendations

It is advisable to carry out researches in order to optimize the fertilization levels as long to the irrigation water applied used in the current research, using a response surface design with the formula 200N 280P 160K and pressure -24cb. Likewise, an economic analysis must be done with the aim of introducing these practices to the technological software of this crop in the region.

## Acknowledgment

The authors acknowledge the Scientific, Humanistic, Technological and Artistic Development Board of the Universidad de los Andes (CDCHTA-ULA) by financing this research with

Bajo las condiciones en las cuales se realizó este estudio no se encontraron efectos significativos sobre la variable Rendimiento Total.

## Recomendaciones

Es pertinente recomendar la realización de estudios tendientes a optimizar los niveles de fertilización y de lámina de riego aquí utilizados, mediante un diseño de superficie de respuesta alrededor de la fórmula 200N 280P 160K y tensión -24cb. Así mismo se debe realizar un análisis económico con el propósito de incorporar estas prácticas al paquete tecnológico del cultivo en la región.

## Agradecimiento

Trabajo cofinanciado por el Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico y de las Artes de la Universidad de Los Andes (CDCHTA-ULA) código NURR-C-507-09-01-B y el Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACIT) mediante soporte económico al primer autor con la Beca Misión Ciencia contrato N° 200601283 para la realización de Maestría en Desarrollo de los Recursos de Aguas y Tierras mención Ingeniería de Riego y Drenaje en el CIDIAT Mérida, Venezuela. Los autores desean expresar su agradecimiento a los Srs. Justo y Orlando Moreno, así como a los productores de la Red Socialista de Innovación Productiva de Papa de Cabimbu, por la colaboración prestada para el desarrollo del presente estudio, y especialmente a Carlos Maffei por su eficiente ayuda en todas las ac-

the code NURR-C-507-09-01-B and the National Found of Science and Technology (FONACIT). The finance was provided to the first author with the scholarship Misión Ciencia, contract N° 200601283 for doing the Master program in Development of the Water and Land Resources, specialization in Irrigation and Drainage Engineering in CIDIAT Merida, Venezuela. The authors want to acknowledge Mr. Justo and Orlando Moreno, as well as the producers of the Productive Innovating Socialist Red of Potato in Cabimbu, by their help provided for the development of this research, and special thanks to Mr. Carlos Maffei by his efficient help in all the activities carried out in the field work.

*End of english version*

---

tividades realizadas en el ensayo de campo.

## Literatura citada

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes y M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. United Nations Food and Agriculture Organization, Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy. 300 pp.
- Ávila, M., C. A. 1985. Influencia de la densidad de siembra, peso del tubérculo-semilla y diferentes dosis de fertilizantes sobre el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Trabajo de Grado para Ingeniero Agrónomo. Universidad de Oriente. Escuela de Ingeniería Agronómica. 61 p.

- Arismendi, L. 2002. Investigación sobre el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Oriente de Venezuela. Revista UDO Agrícola. 2(1):1-7.
- Ayas, S. y Korukçu, A. 2010. Water-yield relationships in deficit irrigated potato. Journal of Agricultural Faculty of Uludag University. 24(2): 23-36. [Documento en línea]. Disponible en: <http://kutuphane.uludag.edu.tr/PDF/ziraat/2010-24%282%29/M3.pdf>. Consultado el 19-12-2010.
- Bélanger G., J. R. Walsh, J. E. Richards, P. H. Milburn, y N. Ziadi. 2000. Yield response of two potato cultivars to supplemental irrigation and N fertilization in New Brunswick. Amer J of Potato Res. 77:11-21.
- Dalla Costa, G. Delle Vedove, G. Gianquinto, R. Giovanardi y A. Peressotti. 1997. Yield, water use efficiency and nitrogen uptake in potato: influence of drought stress. Potato Research. 40:19-34.
- Deblonde, P.M.K. y Ledent, J.F. 2001. Effects of moderate drought conditions on green leaf number, stem height, leaf length and tuber yield of potato cultivars. European Journal of Agronomy. 14: 31-41.
- Devaux, A., J. Vallejos, R. Hijmans y J. Ramos. 1997. Respuesta agronómica de dos variedades de papa (spp. *tuberosum* y *indígena*) a diferentes niveles de fertilización mineral. Revista Latinoamericana de la Papa. 9/10(1):123-139.
- Fabeiro C., F. Martín de Santa Olalla y J.A. de Juan. 2001. Yield and size of deficit irrigation potatoes. Agricultural Water Management. 48:255-266.
- MPPAT. 2010. Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras. Censo Agrícola, Datos por rubro: Papa Superficie, Producción y Rendimiento, estado Trujillo. [En línea] Disponible en: <http://censo.mat.gob.ve/> Consultado el 19-12-2010.
- Panigrahi, B., S.N. Panda y N.S. Raghuvanshi. 2001. Potatowater use and yield underfurrow wrrigation. Irrigation Science. 20:155-163.
- Retzlaff W.A. y D.B. South. 1985. A simple method for determining a partial soil water retention curve. Tree Planters Notes. 36(4): 20-23.
- Rosen, C. J. y P. M. Bierman. 2008. Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. Am. J. Pot Res. 85:110-20.
- Rubio, O.A. y M.A. Cadena. 2012. Optimización del fraccionamiento del nitrógeno en el cultivo de papa en el Valle de Toluca. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(1): 1075-1084.
- SAS Institute, Inc. 2002. SAS User's guide: Statistics. 9.0 Version. SAS Inst., Inc., Cary, NC. User's Guide. SAS help and Documentation.
- Van Genuchten, M.Th., J. Simunek, F.J. Leij, y M. Sejna. 1998. RETC. Code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils. Version 6.0. U.S. Salinity Laboratory, USDA/ARS Riverside, CA. Available in [www.ussl.ars.usda.gov/MODELS/retc.htm](http://www.ussl.ars.usda.gov/MODELS/retc.htm) [en línea] Consultado el 20-12-2010.
- Wullschleger, S.D. and D.M. Oosterhuis. 1991. Osmotic adjustment and the growth response of seven vegetable crops following water-deficit stress. HortScience 26, 1210-1212.