

TÉCNICAS DE ESTUDIO DE TIEMPOS PARA LA PLANIFICACIÓN DE LA MANO DE OBRA EN EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) DE INVERNADERO

TIME STUDY TECHNIQUES APPLIED TO LABOR MANAGEMENT IN GREENHOUSE TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) CULTIVATION

Francisco Manzano-Agugliaro*, Amos García-Cruz

Departamento de Ingeniería Rural, Escuela Politécnica Superior, Universidad de Almería, 04120. Almería, España (fmanzano@ual.es).

RESUMEN

En los cultivos de invernadero la mano de obra es un factor clave para el desarrollo e incluso el mantenimiento del sector ya que representa aproximadamente el 50 % de los gastos corrientes de una explotación tipo. Además, el descenso del rendimiento de la mano de obra provoca un aumento de la necesidad de la misma. En este trabajo se realizó un estudio del principal cultivo de invernadero, el tomate (*Solanum lycopersicum* L.), para un cultivo de ciclo largo y recolección en ramo. Se ubicaron 30 terminales que darían servicio a 356 sectores de un invernadero de 11.5 ha situado en la provincia de Almería, España, las cuales registrarían todos los movimientos de cada operario en cada tarea a realizar en el cultivo de tomate, para cada sector del invernadero y durante tres campañas agrícolas (2002 a 2005). Se trabajó con 23 tareas diferentes y alrededor de 50 trabajadores distintos. Con el registro de tiempos obtenido para cada tarea, se obtuvieron los tiempos medios y estándar y las necesidades de mano de obra para cada tarea, así los resultados obtenidos pueden ser extrapolados a explotaciones con el mismo cultivo e igual nivel tecnológico, simplemente teniendo en cuenta el inicio del ciclo del cultivo. De este modo se podría predecir con antelación las necesidades de mano de obra en función del tamaño de la explotación. El dato genérico obtenido de la mano de obra para el cultivo de 1 ha de tomate fue de dos trabajadores y 8 h de trabajo diario efectivo en el ciclo del cultivo y con un suplemento de un trabajador de media jornada en los intervalos de máximas necesidades de mano de obra (semana 12, y de la 18 a la 20).

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., tarea, tiempo estándar, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

La superficie total de invernaderos y macrotúneles en el mundo ronda 1 600 000 ha, y 80 % se concentra en el Este Asiático (Espí *et al.*, 2006); la otra gran área de concentración es la zona

ABSTRACT

In greenhouse crops, labor is a key factor for the development and indeed the maintenance of the sector, since it represents approximately 50 % of the regular expenses in a typical operation. In addition, a decrease in performance of the workforce causes an increase in its need. In this work, a study about the main greenhouse crop, tomato (*Solanum lycopersicum* L.), was carried out for long cycle cultivation and branch harvest. Thirty terminals were located which would provide service to 356 sectors of an 11.5 ha greenhouse located in the province of Almería, Spain, which would register all the movements of each operator in each task to be carried out in the cultivation of tomato, for each sector of the greenhouse and during three agricultural cycles (2002 to 2005). We worked with 23 different tasks and nearly 50 different workers. With the registry of times obtained for each task, the average and standard times were obtained, as well as the needs for labor for each task; therefore, the results obtained can be extrapolated to operations with the same crop and the same technological level by simply taking into account the start of the cultivation cycle. This way, the needs for labor could be predicted beforehand in function of the size of the operation. The generic piece of data obtained for labor for the cultivation of 1 ha of tomato was two workers and 8 h of daily effective work during the cultivation cycle and with a supplement of one worker for half a day during the intervals of maximum workforce needs (weeks 12 and 18 to 20).

Key words: *Solanum lycopersicum* L., task, standard time, yield.

INTRODUCTION

The total surface for greenhouses and macro-tunnels in the world is around 1 600 000 ha, and 80 % of them are concentrated in Eastern Asia (Espí *et al.*, 2006); the other great area of concentration is the Mediterranean area, with close to 12 % of the world surface; Italy with 67 700 ha and Spain with 55 800 ha (Castilla and Hernández, 2005). In developed countries the main cost of greenhouse cultivation is labor, which has increased; in Spain

*Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: Noviembre, 2007. Aprobado: Febrero, 2009.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 43: 267-277. 2009.

mediterránea, con alrededor de 12 % de la superficie mundial; Italia con 67 700 ha y España con 55 800 ha (Castilla y Hernández, 2005). En los países desarrollados el principal costo de cultivo en invernadero es la mano de obra, que se ha incrementado; en España aumentó de 33.1 % del total de costos en el año agrícola 2000-01 (IEC, 2002) a 36.2 % en 2004-05 (IEC, 2005). Este dato es mayor si el cultivo estudiado es el tomate, principal cultivo de invernadero por superficie cultivada y las toneladas producidas, donde la mano de obra fue 46.2 % en el año agrícola 1996-97 y 46.99 % en 1997-98 (Calatrava-Requena *et al.*, 2001). Este dato de costo de mano de obra concuerda con los obtenidos en Bélgica, con 43.4 % (Castilla y Hernández, 2005).

El costo de la mano de obra es significativo, pero no es comparable entre países, puesto que el salario es diferente; es necesario un estudio de las horas de mano de obra empleadas en la producción de un determinado cultivo. Los datos publicados para los invernaderos en España están referidos a jornales, principalmente en la provincia de Almería; la zona de mayor concentración de invernaderos en España. Se tiene un dato medio de 186 jornales hasta un máximo de 222 jornales por ha de invernadero; esto supone unas 1776 h por ha (CAP, 1999). Este dato aparentemente no contempla la mano de obra del agricultor y tampoco está referido a un cultivo específico. En el caso del tomate existen muy diversos datos sobre el costo horario, en función del país estudiado y los kilos producidos: así en Turquía oscila entre 3248 h (Ozkan *et al.*, 2004) y 4010 h (Hatirli *et al.*, 2006), para una ha de tomate con producciones de 200 t y 160 t; en Inglaterra son 19 275 h, y en Israel 7825 h (Stanhill, 1980) en la misma superficie. En Israel se pagan 152 jornales al año por ha de tomate (Chief Scientist, 2000 citado por Bechar *et al.*, 2007), de los cuales 50 % se usa en dos actividades; la eliminación de tallos secundarios o podas y la recogida del fruto (Gal *et al.* 1997, citado por Bechar *et al.*, 2007).

Además, la concentración de este tipo de agricultura genera una demanda de mano de obra que incluso provoca fenómenos migratorios como en el sureste español (Pimentel, 2002). Si a esto se suma un proceso de modernización de las explotaciones, que implica un carácter más empresarial y por tanto un aumento del tamaño de explotación, se observa que a medida que el tamaño del invernadero aumenta, es mayor la necesidad de mano de obra contratada, que no tiene la misma motivación por el trabajo que el propio agricultor. Si además la mano de obra contratada es principalmente temporal no mejora la productividad, tanto por la falta de motivación salarial como por la falta de capacitación (Auer *et al.*, 2005). Es entonces

it increased from 33.1 % of the total costs in the agricultural year of 2000-01 (IEC, 2002) to 36.2 % in 2004-05 (IEC, 2005). This piece of data is larger if the studied crop is tomato, the main greenhouses crop per cultivated surface and tons produced, where labor was 46.2 % in the agricultural year of 1996-07 and 46.99 % in 1997-98 (Calatrava-Requena *et al.*, 2001). This figure for labor cost coincides with what was obtained in Belgium, of 43.4 % (Castilla and Hernández, 2005).

The cost of labor is meaningful, but it is not comparable between countries because salaries are different; a study of the hours of labor used in the production of a certain crop is necessary. The data published for greenhouses in Spain refer to day's wages, primarily in the province of Almería; the area of greatest greenhouse concentration in Spain. There is an average piece of data of 186 day's wages up to 222 day's wages per ha of greenhouse; this entails some 1776 h per ha (CAP, 1999). This piece of data apparently does not contemplate the labor of the farmer and neither does it refer to a specific crop. In the case of tomato, there are very diverse data for the cost per hour, is function of the country studied and the kilograms produced: thus, in Turkey it fluctuates between 3248 h (Ozkan *et al.*, 2004) and 4010 h (Hatirli *et al.*, 2006), for one ha of tomato with productions of 200 t and 160 t; in England they are 19 275 h and in Israel 7825 h (Stanhill, 1980) for the same surface. In Israel it is paid 152 day's wages per year per ha of tomato (Chief Scientist, 2000 in Bechar *et al.*, 2007), out of which 50 % are used in two tasks; the elimination of secondary stems or pruning and picking the fruit (Gal *et al.*, 1997, in Bechar *et al.*, 2007).

In addition, the concentration of this type of agriculture generates a demand for workforce that can even provoke migratory phenomena like in the Spanish southeast (Pimentel, 2002). If a process of modernization of the operations is added to this, which implies a more businesslike character, and therefore an increase in the size of the operation, it is observed that as the size of the greenhouse increases, the need for hired workforce is greater, who do not have the same motivation for the job as the farmer himself; if, in addition, the workforce hired is primarily temporary, it does not improve productivity, both because of the lack of salary motivation and because of the lack of training (Auer *et al.*, 2005). It is then necessary to establish the basis for the study of labor based on the cultivation cycle, so as to be able to plan hiring.

The techniques for the study of times started with Frederick Taylor, who developed a system based on the concept of task (Taylor, 1911); thus, each task had to

necesario establecer las bases para el estudio de la mano de obra según el ciclo del cultivo, para poder planificar la contratación.

Las técnicas del estudio de tiempos empezaron con Frederick Taylor, quien desarrolló un sistema basado en el concepto de tarea (Taylor, 1911); así, cada tarea debía tener un rendimiento estándar fijado. Después de realizados los estudios de tiempos necesarios, podemos definir rendimiento estándar (Niebel y Andris, 2003) como el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo una operación. La determinación de los tiempos estándar en las tareas agrícolas en el cultivo de invernadero son necesarias para una planificación eficiente del trabajo, ya que éstas pueden mostrar variaciones de rendimiento, hasta 23 % en el entutorado de tomate en invernadero (Luxhoj y Giacomelli, 1990).

En sistemas industrializados, el estudio de tiempos se complementa con el estudio de movimientos de Gilbreth (Gilbreth y Gilbreth, 1917), el cual es útil en los cultivos de invernadero para tareas que requieren mucha mano de obra, como la poda o la recogida del tomate, donde puede llegar a reducir 32 % (Bechar *et al.*, 2007). En este estudio, con una densidad de 2.5 a 3.3 plantas m^{-2} y una producción de 22 kg m^{-2} , se demuestra que una tarea puede tener rendimientos muy dispares en función del estado fenológico de la planta, como el entutorado: a baja altura ($80 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$), a media altura ($100 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$) y a más de 2 m ($36 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$) ya que el operario debe subirse en una caja; si recoge por una línea y regresa por la otra lo hace en $244 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$ y si lo hace recogiendo las dos líneas a la vez emplea $191 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$.

En el presente trabajo se aplican técnicas de análisis de tiempos para determinar el periodo estándar usado en las tareas de un sistema de cultivo de tomate de invernadero, en la provincia de Almería, España.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para el estudio de la mano de obra en la producción del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se han desglosado las diferentes tareas a realizar por los trabajadores, seleccionando aquellas que son asignables a una zona (Cuadro 1). En la Figura 1 se aprecia la plataforma empleada en las tareas 3, 6, y 8. Las demás tareas se realizan desde el suelo. La recolección del fruto (tarea 10) acaba dejando las cajas sobre “palets” en los pasillos centrales tal como se observa en la Figura 1, donde son recogidos por un vehículo porta “palets”. Hay que aclarar que la tarea 10 se realiza recogiendo primero toda la línea hasta el final del sector y se vuelve recogiendo por la otra línea, y que en las tareas 1, 2 y 3 la eliminación de tallos se realizará dejando caer éstos al suelo, los cuales serán recogidos posteriormente (tarea 16).

have a standard performance fixed. After studies of the necessary times have been carried out, we can define standard performance (Niebel and Andris, 2003) as the time required for an operator of average type, fully qualified and trained, and working at a normal rate, to carry out one operation. Determination of the standard times of agricultural tasks in greenhouse cultivation are necessary for an efficient planning of the work, since these can show variations in performance, of up to 23 % in tomato staking in the greenhouse (Luxhoj and Giacomelli, 1990).

In industrialized systems, the study of times is complemented with the study of Gilbreth's movements (Gilbreth and Gilbreth, 1917), which is useful in greenhouse crops for tasks that require a lot of labor, such as tomato pruning or picking, where it can be reduced up to 32 % (Bechar *et al.*, 2007). In this study, with a density of 2.5 to 3.3 plants m^{-2} and a production of 22 kg m^{-2} , it is shown that a task can have very uneven performances in function of the phenological state of the plant, such as staking: at a low height of $80 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$, medium height of $100 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$ and at higher than 2 m $36 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$, since the operator must climb onto a box; or in picking, which when it is done on one line and it returns on the other it is done in $244 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$ and if it is done by picking the two lines at once, it uses $191 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$.

In this work techniques of time analyses are applied in order to determine the standard period used in the tasks for a greenhouse tomato cultivation system in the province of Almería, Spain.

MATERIALS AND METHODS

For the study of labor in the production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.), the different tasks to be carried out by workers have been broken down, selecting those that are assignable to one zone (Table 1). In Figure 1, the platform used in tasks 3, 6 and 8 is shown. The rest of the tasks are carried out on the ground. Picking of the fruit (task 10) ends by leaving the boxes on “palets” in the central corridors just as shown in Figure 1, where they are collected by a vehicle that carries “palets”. It must be clear that Task 10 is carried out by first picking the whole line up to the end of the sector and then retuning by picking on the other line, and that in tasks 1, 2 and 3, stem elimination, is performed by dropping them on the ground which will be picked up later (task 16).

The general tasks (Table 2), that are not measurable, cannot be assigned to a work zone; this is due to the fact that they tend to be done very fast and would be difficult to register, such as a phytosanitary treatment. The tasks have been registered for three agricultural cycles, 2002-03, 2003-04 and 2004-05 for tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivation in bunches cv. ‘Pitenza’.

The study was carried out in a greenhouse built on July, 2000, with metallic structure, of multi-tunnel type with a ridge

Cuadro 1. Descripción de las tareas agrícolas en el cultivo de tomate, asignables a una zona.
Table 1. Description of agricultural tasks in tomato cultivation assignable to a zone.

N°	Task description
1	Removal of secondary stems, which emerge from under the leaves, when the plants are < 1 m high.
2	Removal of secondary stems, which emerge from under the leaves, when the plants are between 1 and 2 m high.
3	Removal of secondary stems, which emerge from under the leaves, when the plants are more than 2 m high.
4	Consists of tying, looping or pinching the main stem of the plant to a string or nylon cord anchored at the top to a sliding steel strap, when the plant is < 1 m high yet.
5	Consists of tying, looping or pinching the main stem of the plant to a string or nylon cord anchored at the top to a sliding steel strap, when the plant is between 1 and 2m high.
6	Consists of tying, looping or pinching the main stem of the plant to a string or nylon cord anchored at the top to a sliding steel strap, when the plant is more than 2m high.
7	Removal of excess leaves on the plant, normally those farthest from the top of the plant, where the fruit have already been picked or are about to be picked.
8	Unrolling a length of nylon cord from the supporting perch, used to support the plant, to lower the top of the plant towards the ground in order to extend the horizontal length of the plant.
9	Removal of excess flowers and shoots within bunches to ensure homogeneity of fruit to enhance their commercial appearance, and leaving them in the central corridors.
10	Cutting and collection of fruit, placing them in boxes, and leaving the boxes in the central corridors.

Las tareas generales (Cuadro 2), que no son medibles no pueden asignarse a una zona de trabajo; esto es debido a que suelen ser tareas no muy rápidas y sería muy difícil registrarlas, como por ejemplo un tratamiento fitosanitario. Las tareas han sido registradas durante tres campañas agrícolas 2002-03, 2003-04 y 2004-05 para el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en racimo cv. 'Pitenza'.

El estudio se llevó a cabo en un invernadero construido en julio de 2000 con estructura metálica, tipo multitúnel con una altura de cumbre de 5 m, y 4 m de altura lateral; de 115 000 m² de superficie, con 732 m de longitud del eje mayor, 238 m de anchura de

height of 5 m, and 4 m of lateral height; of 115 000 m² surface, with 732 m length of the major axis, 238 m width on the west zone and 94 m on the east zone (Figure 2). The cover was three-layered heat-polyethylene (800 µm thick) with thermal insulating properties. The greenhouse was located in Almería (Spain), specifically on the coordinates: 136° 49' N and 2° 09' W referred to the datum WGS84, 90 m height and 8 km in a straight line from the coast.

The weather control unit acted automatically on the opening and closing of collapsible zenith windows, based on the data of interior and exterior temperature and relative humidity, as well as the direction and intensity of the wind and the presence or absence of rain. In four irrigation sectors there was a heating system through propane gas burners situated at 3 m height, which were not used in any of the three cycles in this study.

The greenhouse was divided into 356 numbered work zones, with an average surface of 320 m², the smallest of 280 m² and the largest of 360 m², with lengths fluctuating between 35 and 45 m. The greenhouse had 30 remote terminals set up in the central corridors (Figure 2 and 3) for data capture, which were controlled by a single operator for a specific task. At the beginning of the task the worker introduced in the closest terminal to his work zone the following data: operator code, zone where he will be working and task to be performed; when the task is finished, he types his operator code in the terminal again, thus closing the open registry. The terminals are connected through an RS232 cable to a central computer, which stores the registries of initial time, date, final date for each task, zone and operator. Then the data are transformed into performances (m² h⁻¹). During the three cycles analyzed, the total number of registries was 102 834, which corresponded to the information gathered from 01/06/2002 to 23/03/05, with the average per campaign of 34 278 data.

For the study, long cycle tomato was cultivated in hydroponics with a vertical tutor (a guide per plant) (Figures 1 and 3). The



Figura 1. Mecanismos auxiliares empleados en las tareas de recolección de tomate.

Figure 1. Auxiliary mechanisms used in the tasks for picking tomato.

Cuadro 2. Descripción de las tareas agrícolas en el cultivo de tomate no asignables a una zona.
Table 2. Description of agricultural tasks in tomato cultivation not assignable to a zone.

Nº	Task description
11	Manual weeding.
12	Chemical treatments against weeds applied with backpack with spray nozzle
13	Pesticide treatment applied as powder
14	Pesticide treatment applied with backpack
15	Manual brush treatment. It generally consists of the application of a fungicide to the wounds caused by pruning.
16	Cleaning the ground of the greenhouse, removing residues of plants, string etc
17	Putting plastic on the ground.
18	Placing substrate bags. Distribution and positioning of bags of substrate throughout the greenhouse.
19	Piercing the bottom of the bags of substrate.
20	Positioning drip irrigation emitters.
21	Planting. Placing the rock-wool block with seedling within the bags of substrate.
22	Placing the nylon cords for supporting plants. Attaching plants to the supporting cords
23	Removing plants. Removal of plants from substrate bags after completion of crop cycle, and placing of crop residues into collection containers.

la zona oeste y 94 m de la zona este (Figura 2). La cubierta fué de polietileno de 800 galgas tricapa y termoaislante. El invernadero situado fué en Almería, España, a: 136° 49' N y 2° 09' O referidas al datum WGS84, 90 m de altitud y a 8 km en línea recta de distancia del litoral.

La unidad de control de clima actuaba automáticamente sobre la apertura y cierre de las ventanas cenitales abatibles, a partir de los datos de temperatura y humedad relativa, interior y exterior, así como de la dirección e intensidad del viento y la presencia o ausencia de lluvia. En cuatro sectores de riego había un sistema de calefacción mediante quemadores de gas propano situados a 3 m de altura, que no se emplearon en ninguna de las tres campañas de este estudio.

El invernadero se dividió en 356 zonas de trabajo numeradas, con una superficie media de 320 m², las más pequeñas de 280 m² y las mayores de 360 m², oscilando las longitudes de estas de 35

transplant to the greenhouse was initiated at the end of July and the plantation was pulled up in June of the following year. Pollination was carried out with bumblebees (*Bombus terrestris*). A long life tomato type was used, with fruit of medium size (M-MM), smooth and picked in bunches. The planting plot was 1.60 m between cultivation lines and 0.33 m between plants, which gives a density of 1.89 plants per square meters. The average production of the period studied was 18 kg m⁻² with an average of 15 bunches per plant.

Thirty operators and one foreman worked in the operation, although 50 operators worked at the moments of maximum needs. In periods of greatest demand for labor, temporary workers were hired (7 to 15 days). The structure of the staff studied was: hired of continuous fixed type (3 %), discontinuous fixed (18 %) and of temporary type (79 %).

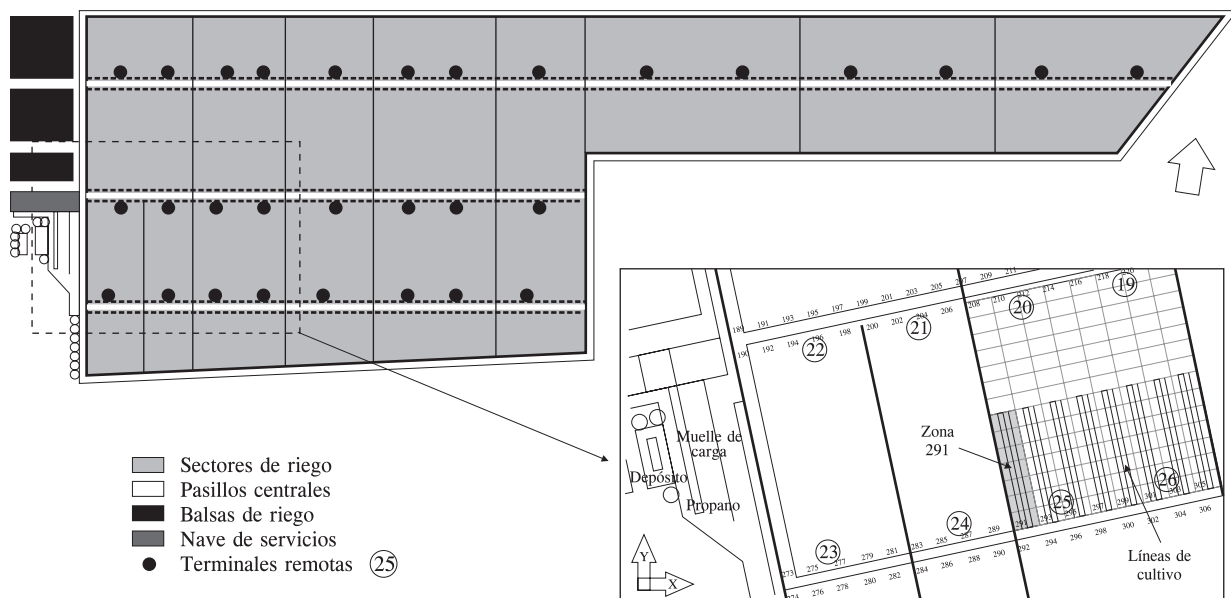


Figura 2. Distribución en planta del invernadero y detalle de una zona de trabajo.
Figure 2. Greenhouse floor distribution and working zone detail.

a 45 m. El invernadero tenía dispuestas 30 terminales remotas en los pasillos centrales (Figura 2 y 3) para la captura de datos, las cuales fueron controladas por un operario para una determinada tarea. Al inicio de la tarea el trabajador introdujo en la terminal más cercana a su zona de trabajo los siguientes datos: código de operario, zona donde estará trabajando y tarea a realizar. Cuando termina la tarea vuelve a teclear en la terminal su código de operario, cerrándose así el registro abierto. Las terminales están conectadas a través de un cable RS232 a un ordenador central, el cual almacena los registros de tiempo, fecha de inicio, fecha final para cada tarea, zona y operario. Luego los datos son transformados a rendimientos ($\text{m}^2 \text{h}^{-1}$). Durante las tres campañas analizadas, el número total de registros fue 102 834, correspondientes a la información recogida del 01/06/2002 al 23/03/05, siendo la media por campaña de 34 278 datos.

Para el estudio se cultivó el tomate de ciclo largo en hidroponía y con tutor vertical (guía por planta) (Figuras 1 y 3). Se realizó el trasplante al invernadero a finales de julio 2002 y se inició la plantación en junio de 2003. La polinización se realizó con abejorros (*Bombus terrestris*). Se utilizó un tomate del tipo Larga Vida, de fruto de calibre medio (M-MM), liso y recolectado en racimos. El marco de plantación fue de 1.60 m entre líneas de cultivo y 0.33 m entre plantas, lo que da una densidad de 1.89 plantas por metro cuadrado. La producción media del periodo estudiado fue de 18 kg m^{-2} con una media de 15 racimos por planta.

En la explotación trabajaron 30 operarios y un capataz, aunque trabajaron 50 operarios en los momentos de máximas necesidades. En periodos de mayor demanda de mano de obra se contratan trabajadores eventuales (7 a 15 días). La estructura de la plantilla estudiada fue: contratados de tipo fijo continuo (3 %), fijo discontinuo (18 %) y de tipo eventual (79 %).

Aunque en el estudio de tiempos no hay reglas para determinar el grado de variación permitida, los valores que se aceptarán para los cálculos finales (Niebel y Andris, 2003), se consideró adecuado aplicar la técnica estadística de los Gráficos de Control a la hora de descartar datos anormales (Shewhart, 1986). Se traza una línea horizontal central en el valor medio de la magnitud medida (ρ_μ) y unas líneas externas que representan los límites superior ($\rho_\mu + 3\sigma$) y límite inferior de control ($\rho_\mu - 3\sigma$), siendo σ la desviación estándar (Figura 4). Obsérvese como al principio existen datos fuera de los límites de control, después de eliminar los datos que quedan fuera de control, se determinan los límites de la nueva muestra de datos, y el proceso se repite hasta que todos los datos están dentro de control (Figura 4A y B).

Entre estos límites se encuentra aproximadamente 99.73 % de los registros, y cualquier punto que se encuentre fuera de los límites se considera fuera de control. Por tanto, es probable que los valores que están fuera de control no sean debidos a la variabilidad, sino a causas específicas que han actuado sobre la magnitud observada (Carot, 1996), como cuando el operario se olvida de cerrar el registro de la tarea.

Para el cálculo de los gráficos de control se empleó el programa de análisis estadístico SPSS®, calculándose los rendimientos medios (ρ_μ) para cada tarea ($\text{m}^2 \text{h}^{-1}$), así como la media aritmética de los



Figura 3. Terminal de captura en la zona 23.
Figure 3. Capture terminal in zone 23.

Although in the study of times there are no rules to determine the degree of variation allowed for the values that will be accepted for the final calculations (Niebel and Andris, 2003), it was considered adequate to apply the statistical technique of Control Graphics when ruling out abnormal data (Shewhart, 1986). An horizontal central line is drawn at the average value of the measured magnitude (ρ_μ) and some external lines that represent the higher limits ($\rho_\mu + 3\sigma$) and the lower limit ($\rho_\mu - 3\sigma$) of control, with σ representing the standard deviation (Figure 4). Observe how at the beginning there are data outside the limits of control, after eliminating the data that fall outside the control, the limits of the new data sample are determined, and the process is repeated until all the data are within control (Figure 4A and B).

Approximately 99.73 % of the registries are found within these limits, and any point that is outside the limits is considered outside the control. Therefore, it is likely that the values that are outside of control are not due to the variability, but rather to specific causes that have acted on the magnitude observed (Carot, 1996), such as when the operator forgets to close the record of the task.

For calculation of the control graphics, the statistical analysis program SPSS® was used, calculating the average performance (ρ_μ) for each task ($\text{m}^2 \text{h}^{-1}$), as well as the arithmetic average of the performances of all the workers during the three cycles and whose performances are within the control graphic ($\rho_\mu \pm 3\sigma$) (Figure 5). The standard performance (ρ_s) was calculated by taking the average performances of the eight best workers that participate in

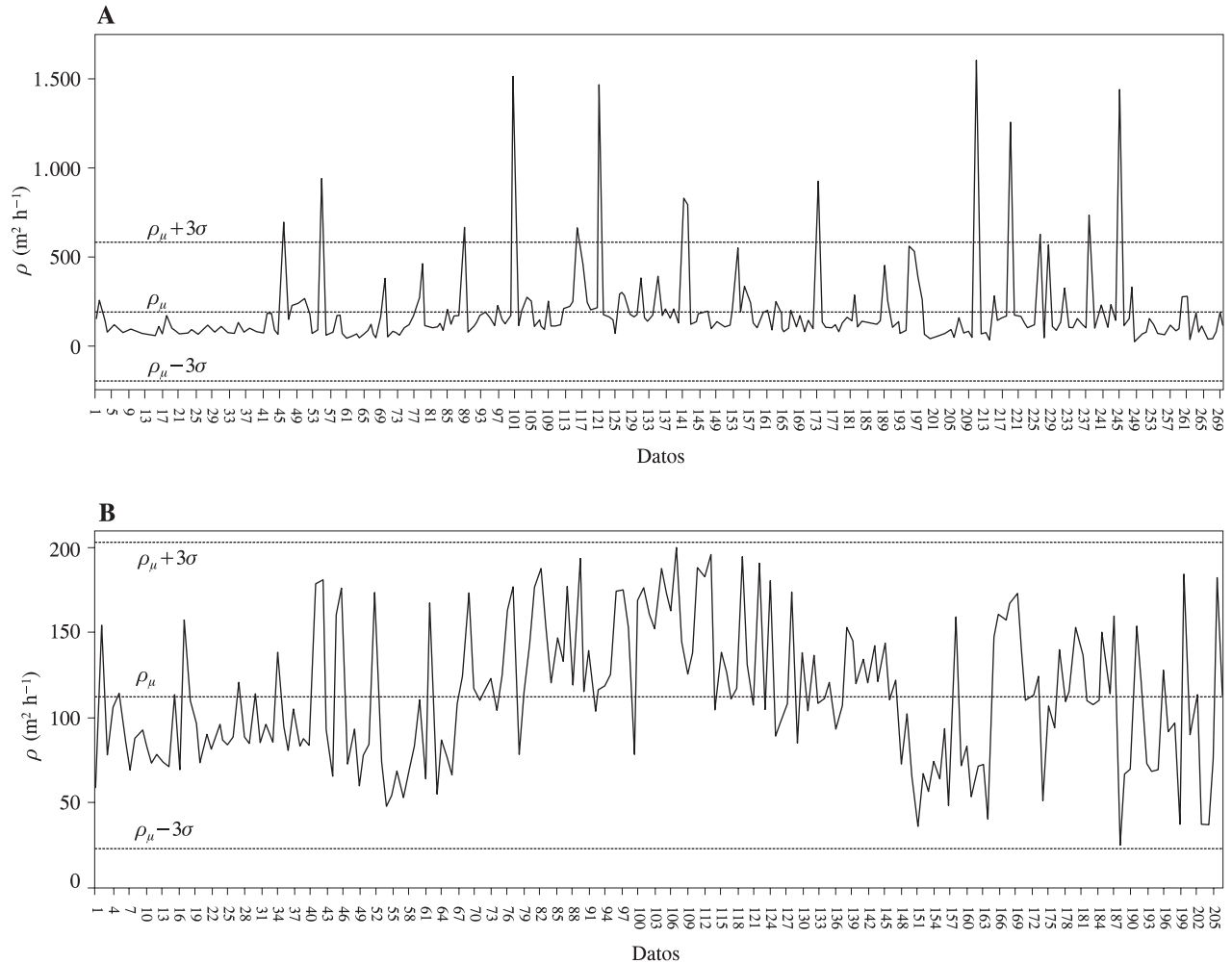


Figura 4. Ejemplo de gráfico de control de la tarea 5: A) con valores fuera de control, B) valores dentro de control. Con ρ (rendimiento), ρ_μ (rendimiento medio global) y σ (desviación típica).

Figure 4. Example of the control graphic for Task 5: A) with values outside the control, B) values within the control. With ρ (performance), ρ_μ (global average performance) and σ (typical deviation).

rendimientos de todos los trabajadores durante las tres campañas, y cuyos rendimientos están dentro del gráfico de control ($\rho_\mu \pm 3\sigma$) (Figura 5). El rendimiento estándar (ρ_s) se calculó tomando los rendimientos medios de los ocho mejores trabajadores que intervienen en la tarea, descartando aquellos cuyo número de registros estaba por debajo del percentil 50; así se seleccionaron los operarios con más experiencia, descartando al mejor de ellos (Cuadro 3).

El rendimiento de tareas no asignables a una zona, se estimó, calculando la media de las tres campañas, mediante la diferencia de h totales empleadas; calculada del gasto de mano de obra menos los registros horarios de las tareas asignables a una zona de trabajo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las variables medidas fueron: el número de tarea, el número de operarios

the task, discarding those whose number of registries was under the 50 percentile; this way, the operators with most experience were selected, and the best one of them was discarded (Table 3).

The performance of tasks that were not assignable to a zone was estimated by calculating the average of the three cycles, through the difference of total hours used; it was calculated from the expenditure in workforce minus the hour registries of assignable tasks for a work zone.

RESULTS AND DISCUSSION

The results of the variables measured were: the number of task, the number of operators that participated in the task during the three cycles (n_w), the total number of registries analyzed (n), the average performances (ρ_μ), the standard deviation of the average performances (σ_{ρ_μ}), the average

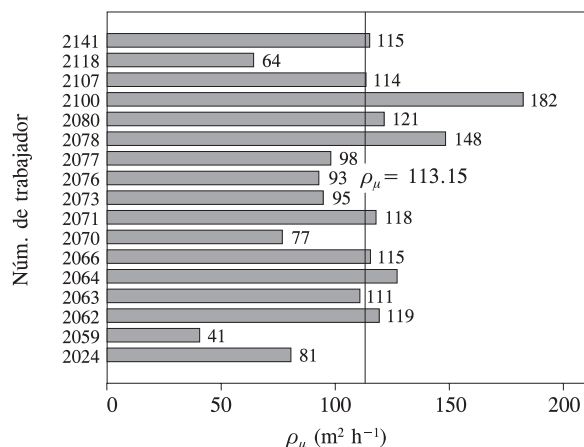


Figura 5. Ejemplo de rendimientos medios de trabajadores para la tarea 5 durante las tres campañas y cálculo del rendimiento medio global (ρ_μ).

Figure 5. Example of average worker performances for task 5 during the three cycles and calculation of the global average performance (ρ_μ).

que intervinieron en la tarea durante las tres campañas (n_w), el número total de registros analizados (n), los rendimientos medios (ρ_μ), la desviación estándar de los rendimientos medios (σ_{ρ_μ}), el rendimiento estándar (ρ_s), la eficiencia del trabajo (e) calculada como el porcentaje de rendimiento estándar alcanzado por el rendimiento medio ($e = \rho_\mu \cdot 100 \cdot \rho_s^{-1}$), el número de veces que se intervino en una zona con la misma tarea durante una campaña (N), el tiempo estándar (t_s) calculado como $t_s = 10.000 \rho_s^{-1} \cdot N$, el tiempo medio (t_μ) calculado como $t_\mu = 10.000 \cdot \rho_\mu^{-1} \cdot N$, expresándose estos últimos parámetros en ha^{-1} (Cuadro 4).

Para las tareas no asignables a una zona, la media de las tres campañas fue de 840 h un 25 % del total del tiempo medio analizado para las tareas con zona asignada.

En el cultivo estudiado se usaron 4213 h, lo que supone 526 jornales de 8 h; estos valores son cercanos a los calculados para Turquía (Hatirli *et al.*, 2006). Sin embargo, respecto a los 152 jornales por ha para un cultivo de tomate de Israel (Chief Scientist, 2000, citado por Bechar *et al.*, 2001), es una cifra muy alta y se deduce que allí los jornales son de más de 8 h, o que el grado de tecnificación es más elevado.

Los datos oficiales para todos los cultivos de invernadero en Almería, 186 jornales (CAP, 1999) son menores que nuestros datos, esto se debe a que estas medias están calculadas para todos los cultivos. El

Cuadro 3. Ejemplo de cálculo del rendimiento estándar (ρ_s) para la tarea 5 a partir de los ocho mejores rendimientos medios (ρ_μ) de los operarios más eficientes, siendo n el número de veces que interviene el operario en esta tarea.

Table 3. Example of calculation for standard performance (ρ_s) of task 5 from the eight best average performances (ρ_μ) by the most efficient operators, with n representing the number of times that the operator participates in this task.

Núm. orden	Núm. operario	n	ρ_μ (m² h⁻¹)
1º	2078	19	148.36
2º	2064	36	127.13
3º	2080	6	121.43
4º	2062	19	119.27
5º	2071	6	117.87
6º	2066	47	115.43
7º	2063	6	110.79
8º	2077	13	98.07
$\rho_s =$			115.71

standard (ρ_s), the efficiency of work (e) calculated as the percentage of standard performance reached by the average performance ($e = \rho_\mu \cdot 100 \cdot \rho_s^{-1}$), the number of times that a zone with the same task was operated on during a cycle (N), the standard time (t_s) calculated as $t_s = 10.000 \rho_s^{-1} \cdot N$, the average time (t_μ) calculated as $t_\mu = 10.000 \cdot \rho_\mu^{-1} \cdot N$ expressing these last parameters in ha^{-1} (Table 4).

For the tasks that are not assignable to a zone, the average for the three cycles was 840 h, 25 % of the total time analyzed for the tasks with assigned zone.

In the crop studied, 4213 h were used, which entails 526 day's wages of 8 h; these values are close to those calculated for Turkey (Hatirli *et al.*, 2006). However, with regards to the 152 day's wages per ha for a tomato crop in Israel (Chief Scientist, 2000, in Bechar *et al.*, 2001), it is a very high figure and it is deduced that the day's wages there are more than 8 h, or that the degree of technological advancement is higher.

The official data for all the greenhouse crops in Almería, 186 day's wages (CAP, 1999), are lower than our results, but this is due to the fact that these measurements are calculated for all the crops. Tomato needs much labor (Calatrava-Requena *et al.*, 2001); production in the studies performed is 18 kg m^{-2} while the average in the area is 14 kg m^{-2} (Castilla and Hernández, 2005) and the function of production for tomato in this area has a linear dependence on the workforce (Cañero and Calatrava-Requena, 2001).

We observed that the tasks of pruning (tasks 1, 2 and 3) plus picking entail only 36 % as opposed

Cuadro 4. Rendimientos y tiempos (medios y estándar) para las tareas del cultivo de tomate de invernadero. Con n_w (número de operarios que intervinieron en la tarea durante las tres campañas), n (número total de registros analizados), ρ_μ (rendimientos medios), σ_{ρ_μ} (desviación estándar de los rendimientos medios), ρ_s (rendimiento estándar), e (eficiencia), N (número de veces que se intervino en una zona con la misma tarea durante una campaña), t_s (tiempo estándar), t_μ (tiempo medio).

Table 4. Performances and times (average and standard) for greenhouse tomato cultivation tasks. With n_w (number of operators that participated in the task during the three cycles), n (total number of registries analyzed), ρ_μ (average performances), σ_{ρ_μ} (standard deviation of average performances), ρ_s (standard performance), e (efficiency), N (number of times that a zone was operated on with the same task during a cycle), t_s (standard time), t_μ (average time).

Tarea	n_w 04-05 $\sum n_w$ 02-03	n 04-05 $\sum n$ 02-03	ρ_μ $m^2 h^{-1}$	σ_{ρ_μ} $m^2 h^{-1}$	ρ_s $m^2 h^{-1}$	e %	N	t_s $h ha^{-1}$	t_μ $h ha^{-1}$
1	21	310	72.39	28.29	74.56	97.08	2	268.24	276.28
2	45	709	99.16	44.09	101.55	97.65	3	295.42	302.54
3	43	1404	77.78	41.08	84.85	91.67	3	353.57	385.70
4	40	330	91.84	45.00	109.72	83.71	1	91.14	108.89
5	17	207	113.15	40.32	115.71	97.79	2	172.85	176.76
6	23	559	84.72	43.27	88.80	95.41	3	337.84	354.11
7	55	1258	144.06	67.78	170.11	84.69	5	293.93	347.08
8	25	739	80.22	46.44	85.62	93.69	4	467.18	498.63
9	37	1720	168.62	89.70	176.48	95.55	6	339.98	355.83
10	76	10 228	387.96	163.60	456.78	84.93	22	481.63	567.07
					$\mu =$	92.22	$\sum =$	3102	3373

tomate es de los que más mano de obra necesita (Calatrava-Requena *et al.*, 2001); la producción en los trabajos realizados es de 18 kg m^{-2} mientras que la media en la zona es de 14 kg m^{-2} (Castilla y Hernández, 2005) y la función de producción del tomate en esta zona tiene una dependencia lineal con la mano de obra (Cañero y Calatrava-Requena, 2001).

Observamos que las tareas de poda (tareas 1, 2 y 3) más la recolección, suponen sólo 36 % frente 50 % obtenido en Israel (Gal *et al.*, 1997, citado por Bechar *et al.*, 2001). Sin embargo, si sumamos las tareas de entutorado (5, 6, y 7) llegamos a 51 % del total de h empleadas. Los entutorados a baja y media altura presentan resultados parecidos al estudio de Bechar *et al.* (2001) en Israel, pero el realizado a más de 2 m, es el doble de rápido. Esto se debe a que en nuestro estudio se dispone de una plataforma, mientras que en el estudio mencionado se usó una caja; en nuestro estudio la tarea de recolección es 60 % más rápida que la de Israel, debido a que recogemos en racimo, la densidad de plantas y producción es menor.

Se observa que existen tres tareas (4, 7 y 10) con una eficiencia inferior a 90 %. Los resultados obtenidos en las dos últimas tareas parece ser debido al elevado número de trabajadores involucrados (55 y 76), lo cual hace suponer que es cuando mayor número de trabajadores eventuales y menos especializados son contratados. En la tarea 4 se necesitaría un estudio más detallado para determinar si la baja eficiencia se debe a las características propias del tipo de mano de obra involucrada o a una falta de estandarización de los métodos empleados.

to 50 % in Israel (Gal *et al.*, 1997 in Bechar *et al.*, 2001). However, if we add up the staking tasks (5, 6, and 7) we reach 51 % of the total of hours employed. Staking at low and medium height presents similar results to those found by Bechar *et al.* (2001) at Israel, but the one done at more than 2 m is double as fast. This is due to the fact that in our study we use a platform while in the study mentioned they use a box; in our study the task of picking is 60 % faster than in Israel, due to the fact that we pick in bunches, the plant density and production is lower.

It is observed that there are three tasks (4, 7 and 10) with efficiency lower than 90 %. The results obtained in the last two tasks to be due to the high number of workers involved (55 and 76), which lets us assume this happened when more temporary workers less specialized were hired. For task 4, a more detailed study would be needed in order to determine if the low efficiency is due to the characteristics common to the type of workforce participating or to a lack of standardization of the methods employed.

The analysis technique used allows to evaluate the time needs for each task in function of the phenological state of the crop or weeks after planting. In Table 5, the average dates for the beginning and end of each task are shown, assigning task 0 to the total sum of activities without a specific zone, thus it can be obtained the number of total days worked in each task and the weeks after planting when dividing the standard time (t_s) by the number of days for the task, a theoretical daily hour average is obtained

La técnica de análisis usada permite evaluar las necesidades de tiempo para cada tarea en función del estado fenológico del cultivo semanas después de la siembra. En el Cuadro 5, se muestran las fechas medias de inicio y fin de cada tarea, asignándole la tarea 0, a la suma total de actividades sin zona determinada, obteniéndose así el número de días totales trabajados en cada tarea y las semanas desde plantación al dividir el tiempo estándar (t_s) entre el número de días de la tarea, se obtiene una media horaria diaria teórica de necesidades para cada tarea si el rendimiento fuese estándar (t_s); la tarea 0 se calculó como el 25 % del tiempo estándar total de las tareas con zona asignada (775.44 h). Así puede elaborarse una planificación teórica semanal expresada en h de la mano de obra necesaria trabajando con rendimientos estándar, para una hectárea de cultivo de tomate que produce 18 kg m^{-2} (Figura 6).

La suma semanal de las necesidades de mano de obra, en función de las semanas después de plantación se resume en la Figura 6; se observa que en la semana 12, y de las 18 a la 20, hay un pico de necesidades de mano de obra ocasionado por el solape de la tarea 6 con la 5 en la semana 12, y por el solape de la tarea 6 con la 8 para el otro intervalo mencionado. Esto debe ser previsto en la planificación del cultivo del tomate.

CONCLUSIONES

La aplicación de las técnicas de análisis de tiempos ha mostrado ser útil para calcular los tiempos estándar de cada tarea implicada en el cultivo de tomate de invernadero, poniendo de manifiesto aquellas tareas donde la eficiencia es más baja. La combinación de los tiempos estándar de cada tarea y el intervalo que dura cada una de ellas, permite planificar las necesidades de mano de obra en función del ciclo de cultivo, y semanas desde plantación.

from the needs for each task if the performance was standard (t_s); task 0 was calculated as 25 % of the total standard time in the tasks with assigned zone (775.44 h). Thus a theoretic weekly planning expressed in h can be elaborated for the workforce necessary with in standard outputs, for a hectare of tomato crop that produces 18 kg m^{-2} (Figure 6).

The weekly sum of the needs for labor, in function of the weeks after planting, are summarized in Figure 6; it is observed that in week 12 and from the 18th to the 20th, there is a peak of workforce needs, caused by the overlap of task 6 with 5 in week 12, and by the overlap of task 6 with 8 for the other interval mentioned. This should be foreseen in planning of tomato cultivation.

CONCLUSIONS

Application of the techniques analysis for times has proven to be useful in order to calculate the standard times for each task involved in the cultivation of greenhouse tomato, making evident the tasks where efficiency is lowest. The combination of the standard times for each task and the interval of each one allows planning the needs for labor in function of the crop cycle, the weeks after planting.

The generic piece of data that was obtained for the workforce needs for cultivation of one hectare of greenhouse tomato picked in bunches was of two daily workers, with 8 h of effective daily work throughout the cultivation cycle, and with a supplement of one worker for half a day in the intervals of maximum labor needs (week 12 and weeks 18-20).

—End of the English version—



Cuadro 5. Calendario de tareas y cálculo de necesidades horarias diarias por una hectárea de tomate recolectado en racimo.
Table 5. Schedule tasks and daily needs time calculation for recollection in bruches of tomato per hectare.

Tarea	Fecha inicio	Fecha final	Semanas después de plantación	Días	Media horaria diaria (h)
0	15-07	15-06	0-42	290	2.67
1	15-08	30-04	4-41	259	1.04
2	02-09	30-03	6-36	210	1.41
3	07-10	18-03	11-34	163	2.17
4	26-08	29-03	5-36	216	0.42
5	06-09	14-10	7-12	38	4.55
6	29-09	23-12	10-22	85	3.97
7	01-10	26-11	10-31	148	1.99
8	20-11	08-04	17-37	140	3.34
9	13-10	20-03	8-35	189	1.80
10	06-11	4-05	11-41	211	2.28

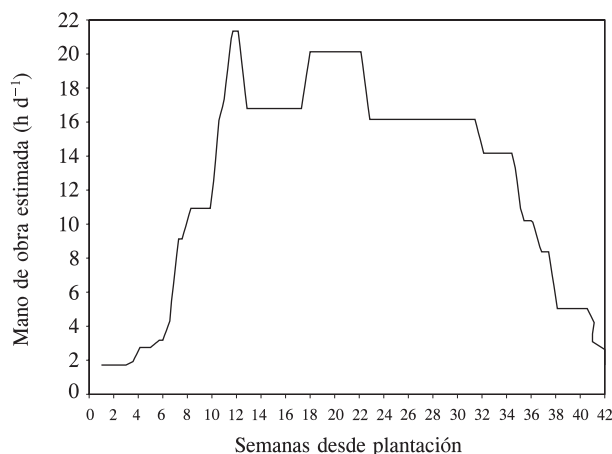


Figura 6. Estimación de las necesidades de mano de obra semanal para el cultivo de tomate recolectado en racimo por hectárea.

Figure 6. Estimation of the weekly workforce needs for cultivation of tomato picked in bunches per hectare.

El dato genérico que se obtuvo de mano de obra necesaria para el cultivo de una hectárea de tomate de invernadero recolectado en racimo fue de dos trabajadores diarios, con 8 h de trabajo diario efectivo a lo largo del ciclo del cultivo, y con un suplemento de un trabajador a media jornada en los intervalos (semana 12, y de la 18-20) de máximas necesidades de mano de obra.

LITERATURA CITADA

- Auer P., J. Berg, and I. Coulbaly. 2005. Is a stable workforce good for productivity? *Int. Labour Rev.* 144(3): 319.
- Bechar A., S. Sosef, S. Netanyahu, and Y. Edan. 2007. Improvement of work methods in tomato greenhouses using simulation. *Trans. of the ASABE.* 50(2): 331-338.
- Cañero R., and J. Calatrava-Requena. 2001. Production functions for plastic covered pepper and tomato in the coastline of Almería: an analysis of productive efficiency. *Acta Hort.* 559(2): 725-730.
- Calatrava-Requena J., R. Cañero, and J. Ortega. 2001. Productivity and cultivation costs analysis in plastic greenhouses in the Níjar, Almería area. *Acta Hort.* 559(2): 737-744.
- CAP (Consejería de Agricultura y Pesca). 1999. Inventario y Caracterización de los Regadíos de Andalucía. Ed. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla. 25 p.
- Carot, V. 1996. Control Estadístico de Calidad. Servicio de Publicaciones Universidad Politécnica de Valencia. 728 p.
- Castilla N., and J. Hernández. 2005. The Plastic Greenhouse Industry of Spain. *Chronica Hort.* 45(3): 15-20.
- Espi E., A. Salmeron, A. Fontecha, Y. García, and I. Real. 2006. Plastic films for agricultural applications. *J. of Plastic Film & Sheeting.* 22(2): 85-102.
- Gilbreth F. B., and L. M. Gilbreth. 1917. *Applied Motion Study.* Sturgis and Walton Co., New York. 220 p.
- Hatirli S. A., B. Ozkam, and C. Fert. 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renewable Energy* 31(2006): 427-438.
- IEC (Instituto de Estudios Cajamar). 2002. Análisis de la Campaña Hortofrutícola de Almería. Campaña 2000/01. Ed. Caja Rural Intermediterránea. Cajamar. Almería. 38 p.
- IEC (Instituto de Estudios Cajamar). 2005. Análisis de la Campaña Hortofrutícola de Almería. Campaña 2004/05. Ed. Caja Rural Intermediterránea. Cajamar. Almería. 39 p.
- Luxhoj, J. T., and G. A. Giacomelli. 1990. Comparison of labor standards for a greenhouse production system: A case study. *Int. J. Operations & Prod. Man.* 10(3): 38-49.
- Niebel B., and F. Andris. 2003. *Methods, Standards and Work Design.* Ed. McGraw Hill. New York. 776 p.
- Ozkan B., A. Kurklu, and H. Akcaoz. 2004. An Input-output energy analysis in greenhouse vegetable production: a case study for Antalya region of Turkey. *Biomass and Bioenergy.* 26: 89-95.
- Pimentel, M. 2002. Procesos migratorios, economía y persona. Ed. Instituto de Estudios Cajamar. <http://www.fundacioncajamar.es/instituto.htm>. Consultado el 15 de Octubre 2007.
- Shewhart, W. A. 1986. *Statistical Methods from the Viewpoint of Quality Control.* Dover Publications. Nueva York. 155 p.
- Stanhill, G. 1980. The energy cost of protected cropping: A comparison of six systems of tomato production. *J. Agric. Engineering Res.* 25(2): 145-154.
- Taylor, F. W. 1911. *The Principles of Scientific Management.* Ed. Harper and Bros, New York. 127 p.