

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



Análisis técnico-económico sobre la recolección de cítricos ornamentales en la ciudad de Valencia

TRABAJO FIN DE MÁSTER

MASTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

ALUMNO: PACHECO VINAROS, BRYAN

TUTOR: TORREGROSA MIRA, ANTONIO

Curso Académico: 2016-2017

VALENCIA, 10 de Julio de 2017

Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional



Título: Análisis técnico-económico sobre la recolección de cítricos ornamentales en la ciudad de Valencia

Palabras clave: *Citrus aurantium*, cosecha mecánica, naranjo amargo, jardinería, vibrador de árboles.

Resumen

La ciudad de Valencia cuenta con un gran número de cítricos ornamentales que engalanan sus calles, pero la caída descontrolada de sus frutos provoca problemas de suciedad y posibles accidentes a los transeúntes, siendo necesaria su retirada de forma controlada. Actualmente la recolección de estos frutos se realiza de forma manual.

El objetivo del presente trabajo, es estudiar y valorar varios sistemas de recolección mecanizada en cítricos ya probados en agricultura, como alternativa rentable a la actual recolección manual de los naranjos ornamentales, con la aplicación concreta a la zona Norte de la ciudad de Valencia.

Se han realizado ensayos con métodos mecánicos de recolección utilizando vibrador de ramas y vibradores de tronco con y sin paraguas, midiendo los tiempos y capacidades de trabajo.

Se ha realizado un análisis económico a partir de costes de alquiler y adquisición, relacionándolos con tiempos de trabajo óptimos y con interrupciones.

Según el estudio técnico-económico realizado se ha llegado a la conclusión de que la recolección mecánica es una técnica viable y más rentable que la actual, y que sería interesante implantar en la recolección de los cítricos ornamentales de la zona Norte de Valencia.

D. Bryan Pacheco Vinaroz

Prof. D. Antonio Torregrosa Mira

Valencia, Julio de 2017

Title: Technical-economic analysis of ornamental citrus harvesting in the city of Valencia.

Key words: *Citrus aurantium*, mechanical harvest, bitter orange, urban gardening, tree shaker.

Abstract

The city of Valencia has a large number of ornamental citrus that adorn its streets, but the uncontrolled fall of its fruits causes dirt problems and possible accidents to passers-by, being necessary to remove them in a controlled way. Currently, the harvest of these fruits is carried out by hand.

The aim of the present work is to study and evaluate several systems of mechanized harvesting in citrus already tried in agriculture, as a cost-effective alternative to the current manual collection of ornamental oranges, with the concrete application to the North zone of the city of Valencia.

Mechanical harvesting methods have been performed using tree shaker and trunk shakers with and without umbrellas, measuring the working times and capacities.

An economic analysis has been made based on rental and acquisition costs, relating them to optimal working times and interruptions.

According to the technical-economic study carried out, it has been concluded that mechanical harvesting is a viable and more cost-effective technique than the current one, and that it would be interesting to implement the collection of ornamental citrus in the northern part of Valencia.

D. Bryan Pacheco Vinaroz

Prof. D. Antonio Torregrosa Mira

Valencia, Julio de 2017

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ayuntamiento de Valencia, la empresa FCC y parcialmente por el proyecto RTA2014-00025-C05-02 del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA) y mediante fondos FEDER.

Hay que agradecer a los técnicos Pilar Xamani Monserrat (FCC) y Pablo Valverde López (Ayuntamiento de Valencia) su iniciativa y total apoyo para la puesta en marcha y desarrollo de este proyecto.

También agradecer a los técnicos del Grupo de Investigación en Mecanización Agraria: Montano Pérez, Juan José Peña y Diego Guerra su colaboración en la realización de los ensayos.

Por último, gracias a Antonio Torregrosa por todo lo que me ha enseñado y transmitido durante la realización de este trabajo, además de por el interés y el tiempo que ha invertido en mí.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. SITUACIÓN ACTUAL.....	1
1.2. RECOLECCIÓN MECÁNICA.....	2
1.2.1. Vibradores de aire.....	2
1.2.2. Vibradores de ramas.....	3
1.2.3. Vibradores de tronco.....	3
1.2.4. Vibradores de copa.....	4
1.2.5. Cosechadoras cabalgantes.....	4
1.3. EFECTOS SOBRE LA SALUD DEL ÁRBOL.....	4
2. OBJETIVOS.....	6
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
3.1. MATERIAL VEGETAL.....	7
3.2. EQUIPOS.....	8
3.2.1. Recolección manual.....	8
3.2.2. Vibradores de ramas.....	8
3.2.3. Vibradores de tronco.....	9
3.3. MÉTODO DE CÁLCULO DE LOS COSTES DE LA MAQUINARIA EN PROPIEDAD.....	12
3.4. METODOLOGÍA USADA PARA DETERMINAR LAS CAPACIDADES DE TRABAJO.....	12
3.5. METODOLOGÍA USADA PARA CARACTERIZAR LAS INFRAESTRUCTURAS VIARIAS.....	14
4. RESULTADOS.....	15
4.1. CARACTERIZACIÓN VIARIA.....	15
4.2. CANTIDAD DE ÁRBOLES Y NÚMERO DE CALLES POR BARRIO.....	16
4.3. TIEMPOS Y CAPACIDADES DE TRABAJO DE CADA SISTEMA DE RECOLECCIÓN.....	17
4.4. COSTES DE UTILIZACIÓN DE CADA SISTEMA DE RECOLECCIÓN.....	18
4.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS.....	20
4.5.1. Caso 1 – Coste de alquiler y tiempo de trabajo óptimo.....	22
4.5.2. Caso 2 – Coste de alquiler y tiempo de trabajo con interrupciones.....	23
4.5.3. Caso 3 – Coste de adquisición y tiempo de trabajo óptimo.....	24
4.5.4. Caso 4 – Coste de adquisición y tiempo de trabajo con interrupciones.....	25
4.5.5. Comparación alternativas.....	26
4.6. TIEMPO ESTIMADO Y BALANCE ECONÓMICO POR ZONAS.....	27
5. DISCUSIÓN.....	32
5.1. RECOLECCIÓN MANUAL.....	32

5.2. VIBRADORES DE RAMAS.....	32
5.3. VIBRADORES DE TRONCOS CON/SIN PARAGUAS.....	33
6. CONCLUSIONES	34
7. BIBLIOGRAFÍA	35
8. ANEXOS	37
8.1. ANEXO 1. CARACTERIZACIÓN DE LOS NARANJOS POR CALLES.....	37
8.2. ANEXO 2. VALORES UTILIZADOS EN EL CÁLCULO DE COSTES DE LA MAQUINARIA EN PROPIEDAD Y RESUMEN DE COSTES.....	39
8.3. ANEXO 3. CANTIDAD DE ÁRBOLES Y TIPO DE VÍA POR CALLE Y BARRIO.....	43
8.4. ANEXO 4. TOMA DE TIEMPOS DEL VIBRADOR CON PARAGUAS.....	52
8.5. ANEXO 5. CÁLCULO DE TIEMPOS POR CALLE UTILIZANDO EL VIBRADOR DE TRONCOS SIN PARAGUAS.....	53
8.6. ANEXO 6. CÁLCULO DE TIEMPOS POR CALLE UTILIZANDO EL VIBRADOR DE TRONCOS CON PARAGUAS	66
8.7. ANEXO 7. CÁLCULO DE COSTES POR CALLE UTILIZANDO EL VIBRADOR DE TRONCOS SIN PARAGUAS.....	79
8.8. ANEXO 8. CÁLCULO DE COSTES POR CALLE UTILIZANDO EL VIBRADOR DE TRONCOS CON PARAGUAS.....	90
8.9. ANEXO 9. EJEMPLOS DE DIMENSIONES DE CADA UNO DE LOS TIPOS DE VÍA.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dimensiones de los cítricos ornamentales de la zona Norte de la ciudad de Valencia ..	7
Tabla 2. Características de los equipos recolectores existentes en el mercado	12
Tabla 3. Partes de la operación de derribo	13
Tabla 4. Tipos de vía	15
Tabla 5. Número de calles y árboles por barrio en la Zona Norte de Valencia	16
Tabla 6. Tiempos de trabajo medios del vibrador con paraguas	17
Tabla 7. Capacidades de trabajo	18
Tabla 8. Costes de alquiler y adquisición	20
Tabla 9. Operarios y material necesario por operación	21
Tabla 10. Costes DERRIBO + RECOGIDA (Caso 1)	22
Tabla 11. Otros costes + Control Tráfico y Peatones (Caso 1)	22
Tabla 12. Coste final Recolección (Caso 1)	22
Tabla 13. Costes DERRIBO + RECOGIDA (Caso 2)	23
Tabla 14. Otros costes + Control Tráfico y Peatones (Caso 2)	23
Tabla 15. Coste final Recolección (Caso 2)	23
Tabla 16. Costes DERRIBO + RECOGIDA (Caso 3)	24
Tabla 17. Otros costes + Control Tráfico y Peatones (Caso 3)	24
Tabla 18. Coste final Recolección (Caso 3)	24
Tabla 19. Costes DERRIBO + RECOGIDA (Caso 4)	25
Tabla 20. Otros costes + Control Tráfico y Peatones (Caso 4)	25
Tabla 21. Coste final Recolección (Caso 4)	25
Tabla 22. Comparación Costes Finales	26
Tabla 23: Cálculo tiempos usando el vibrador de troncos sin paraguas	28
Tabla 24: Costes de recolección por barrios utilizando el vibrador de troncos sin paraguas	29
Tabla 25: Cálculo tiempos usando el vibrador de troncos con paraguas	30
Tabla 26: Costes de recolección por barrios utilizando el vibrador de troncos con paraguas ...	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Recogida manual	8
Figura 2. Derribo de naranjas con vibrador de ramas	9
Figura 3. Vibrador de troncos marca Topavi vibrando un naranjo ornamental	10
Figura 4. Vibrador de troncos marca Estupiña con paraguas provisto de varas de 3 m	11
Figura 5. Vibrador de troncos marca Estupiña con paraguas provisto de varas de 1 m	11
Figura 6. Diagrama de flujo operaciones recolección mecanizada	20

ABREVIATURAS

- árb = árbol
- oper = operario
- TT = Tiempo de trabajo
- TTd = Tiempo total derribo
- TTop = Tiempo de trabajo óptimo
- TTi = Tiempo de trabajo con interrupciones
- Ti = Tiempo de interrupciones
- CT = Capacidad de trabajo

1. INTRODUCCIÓN

1.1. SITUACIÓN ACTUAL

La ciudad de Valencia tiene un total de 12.264 naranjos amargos en sus calles. Es la especie con más presencia en la ciudad, seguida de los plátanos de sombra con 9.865 ejemplares y de los cinamomos con 7.606. (Moreno, 2017).

De esta manera, se puede decir que el naranjo amargo ha pasado a ser durante los últimos años el árbol ornamental de Valencia por excelencia. “La avenida de los Naranjos, Remonta, Samuel Ros, San Marcelino, Guadalaviar, Málaga, la avenida Burjassot o hasta la Marina. Son algunas de las calles de la ciudad en que se alcanzan los 12.264 naranjos amargos censados en la ciudad”. (I.D., 2017).

Es un árbol de porte medio pequeño que se adecua sin problema a las condiciones ambientales, además de que no se ve afectado por la posible contaminación de la ciudad, aunque sí que es cierto que esta contaminación en general, reduce la actividad fotosintética de las plantas ornamentales, pero los naranjos amargos están perfectamente adaptados, sin problemas para subsistir. En cuanto a las condiciones urbanísticas, se da una muy buena aclimatación a las características de la ordenación urbanística de las calles, ya sean aceras estrechas o no y que tengan poco espacio para el adecuado desarrollo de otras especies de mayor porte.

Estos cítricos ornamentales tiñen de verde las aceras de nuestras ciudades, generan un agradable aroma a azahar en primavera, y en otoño aportan una bella nota de colorido naranja, pero la caída descontrolada de los frutos provoca problemas de suciedad y posibles accidentes a los transeúntes, con lo que es necesario retirarlos de forma controlada.

Por ello el ayuntamiento, una vez que el naranjo ha cumplido su ciclo, procede a la recolección del fruto, antes de que se produzca la caída por maduración y llegue de nuevo la floración que perfumará las calles de Valencia la próxima primavera. Esta recolección se ha hecho y se hace hasta ahora a mano, pero este es un proceso muy caro, y en la actual situación de ajustes económicos, es necesario buscar alternativas que permitan reducir estos costes.

La época de recogida se inicia a mediados de enero y finaliza a mediados de marzo, época en la que aparecen las primeras yemas florales de la próxima floración. Cabe destacar que en esta época en la que la fruta está madura, las condiciones climáticas pueden ser adversas y se pueden dar días de excesivo viento o lluvias que tengan como resultado la caída de un gran número de naranjas. Por ello es necesario realizar una recolección controlada y lo más rápida posible una vez el estado de madurez sea óptimo, para evitar la acumulación de las naranjas en el suelo, ya que esto produce un ensuciamiento de las calles, que se puede ver incrementado por el aplastamiento de estos frutos ya sea por vehículos o viandantes. Además, estos frutos en el suelo presentan un gran peligro para los peatones, las bicis y las motos que pueden sufrir caídas y daños físicos.

La producción de todos los naranjos ornamentales de la ciudad de Valencia se estima entre 350 y 400 t/año según Pablo Valverde, técnico del servicio de jardinería del ayuntamiento de Valencia en una entrevista de la cadena SER. Actualmente toda esta producción no es aprovechada y es enviada directamente a la Entidad Metropolitana de Residuos de Los Hornillos y Manises. (I.D., 2017).

Con estas naranjas anteriormente ya se han hecho intentos de aprovecharla para la extracción de aceites esenciales, alimentación para ganado, biocombustibles, cosmética y mermeladas, aunque puede haber problemática a la hora de su utilización respecto a la seguridad alimentaria, pero el principal problema, es el elevado coste de recolección y transporte, lo que dificulta su uso como subproducto, ya que es más rentable la eliminación de estas naranjas llevándolas directamente a la Entidad Metropolitana de Residuos.

De esta manera, interesa buscar alternativas de recolección mecanizada para reducir los costes de recolección y así poder buscar otra salida para las naranjas que provienen de los naranjos ornamentales de la ciudad de Valencia.

1.2. RECOLECCIÓN MECÁNICA

Según Sanders (2004) los costes de recolección en los cultivos de cítricos ascienden a un total del 35-45 %, porque se realizan manualmente. Este porcentaje es muy alto, y durante los períodos de bajo precio de venta del producto, la viabilidad de la industria de los cítricos está amenazada, de ahí la necesidad de disminuir estos costes. Por ello se ha investigado y se han hecho numerosos estudios, para intentar encontrar las soluciones más viables.

En el caso propuesto, como no se trata de fruta para comercializar, si no que los cítricos se recolectan para evitar suciedad y problemas, el coste de recolección es el más importante, y debido a que no se va a obtener ningún beneficio por la fruta recolectada, es necesario disminuir el coste de recolección al máximo. Para ello se ha procedido a hacer una revisión de los principales métodos de recolección mecanizada, de los cuales se estudiará su posible utilización en nuestro caso para encontrar la solución más económica y viable.

Las técnicas de recolección mecanizada según la bibliografía consultada son la vibración por aire, la vibración de tronco, vibración de ramas, vibración de copa y cosechadoras cabalgantes. Las cinco técnicas derriban la fruta por vibración, aplicándose en cada caso de distinta forma.

1.2.1. Vibradores de aire

Son máquinas de gran tamaño y peso, con altas necesidades energéticas. Generan unas corrientes de aire que son capaces de derribar la fruta. Estas máquinas fueron uno de los primeros sistemas de derribo de naranjas que se usaron en Estados Unidos, pero no llegaron a desarrollarse plenamente al ser superados por otros sistemas.

Según Whitney (1973) se obtuvieron porcentajes de derribo entre el 50 % y el 100 %. Los mismos investigadores, combinando el sistema de aire con la reducción de la fuerza de retención de la fruta mediante abscisores químicos, consiguieron porcentajes de derribo del 92 % (Whitney, 1977).

Sumner et al. (1979) también realizaron ensayos con este tipo de vibrador y con productos químicos de abscisión, obteniendo como resultado un 90 % de derribo de fruta y una capacidad de trabajo de 1,5 árb/min. Hutton y Lill (1982) aplicando las mismas técnicas que las citadas anteriormente en naranjas 'Valencia late', obtuvieron un 80 % de derribo de fruta.

1.2.2. Vibradores de ramas

Los vibradores de ramas suelen ser máquinas manuales, que porta el operario colgadas en bandolera y están compuestas por el motor que ejerce la vibración y una vara o pértiga que en la punta tiene un gancho para colocar sobre la rama a vibrar. El tiempo necesario para derribar toda la fruta de un árbol, es bastante mayor que en el anterior método citado ya que es necesario vibrar una a una un número importante de ramas. Cabe destacar que este tipo de máquinas pueden causar problemas físicos a los operarios debido a la transmisión de las vibraciones y a su importante peso (14-18 kg).

Torregrosa et al. (2007a) en el caso de la recolección de mandarinas 'Clemenules' utilizando vibradores de ramas, obtuvieron porcentajes de derribo que oscilaron entre el 61-77 %. En cuanto a la capacidad de trabajo se usaron 11,7 s para cada cambio de rama y 4,8 s para vibrarla.

En una recopilación de trabajos con vibradores de ramas, Torregrosa et al. (2007c), obtuvieron unos porcentajes de derribo comprendidos entre el 56 % y el 75 % realizando los ensayos en mandarinos 'Fortune' y 'Clemenules' y en naranjos 'Navel Foios', 'Navelate' y 'Valencia'. El tiempo utilizado para vibrar cada árbol fue de 6 min en promedio.

1.2.3. Vibradores de tronco

Los vibradores de troncos son máquinas que funcionan acopladas a un tractor y también las hay autopropulsadas. Disponen de una pinza que se acopla al tronco del árbol y es la que se encarga de sujetarlo y transmitir la vibración. Es una máquina muy utilizada en el cultivo de olivar y almendro en el ámbito nacional. Pueden llevar incorporado un paraguas invertido para que la fruta derribada sea atrapada por éste en vez de caer al suelo. Se han hecho varios estudios del funcionamiento de este tipo de máquina en cultivos de cítricos en España y se utilizan de forma habitual en USA.

Whitney and Wheaton (1987) compararon la utilización de un vibrador de tronco y un vibrador de aire en naranjos en Florida, el porcentaje de derribo era de media del 77 % con el vibrador de aire, mientras que, con el vibrador de tronco, la media era del 87 %.

Torregrosa et al. (2007b) en el caso de la recolección de naranjas con un vibrador de tronco, observaron como un aumento de la frecuencia de vibración, aumentaba el porcentaje de derribo de fruto, aumentando también la caída de hojas. El resultado más favorable fue el de utilizar el vibrador a 15 Hz, ya que se conseguía un 77 % de derribo de frutos y una buena relación entre la caída de hojas y el derribo.

También Torregrosa et al. (2009) en el caso de la recolección de mandarinas 'Orogrande' con un vibrador de tronco, trabajando en un rango de frecuencias de 14 a 22 Hz consiguieron derribos de fruta de entre el 75 % y el 79 %, mediante dos vibraciones de 5 s de duración cada una. Además, estas vibraciones conllevaron a un desprendimiento de hojas que resultó insignificante. En cuanto a la capacidad de trabajo, se estimó en un árbol por minuto.

Martín et al. (2010) utilizando un vibrador de tronco en la recolección mecánica de limones, también comprobaron que la frecuencia óptima entre porcentaje de derribo y deshojado estuvo en torno a los 15 Hz.

De nuevo Torregrosa et al. (2012) comparando la utilización de un vibrador de tronco y uno de ramas, en cultivos de cítricos de naranjas, mandarinas y limones; con el vibrador de tronco

obtuvieron porcentajes de derribo del 70 %, mientras que con el vibrador de ramas tan solo fueron del 63 %.

1.2.4. Vibradores de copa

Los vibradores de copa pueden ser máquinas autopropulsadas o arrastradas. El desprendimiento se realiza por la trasmisión de la vibración a las distintas partes del árbol a través de las varas de las que dispone. Estas varas penetran en el árbol, y hace vibrar las ramas para que caiga el fruto. Esta penetración y vibración en el árbol puede provocar la rotura de algunas ramas. Estas máquinas son de gran tamaño y por lo tanto utilizarlas para la recolección de cítricos en la ciudad de Valencia sería cuanto menos complicado, aunque en cítricos para industria es el sistema más empleado en la actualidad en Florida y en Andalucía (Arenas et al., 2015).

Whitney et al. (1974) llevaron a cabo varios ensayos con este tipo de máquina, obteniendo porcentajes de derribo de entre el 77 % y el 83,9 % y Peterson (1998) obtuvo porcentajes de derribo similares entre el 80 % y el 90 %.

1.2.5. Cosechadoras cabalgantes

En años recientes, y ante la necesidad de acortar los ciclos productivos de los cultivos frutales, debido a la aparición de nuevas plagas y enfermedades y al desarrollo de variedades económicamente más interesantes, hay una cierta tendencia a realizar plantaciones de arbolado superintensivas que permiten una rápida entrada en producción. Esta es una tendencia bastante implantada en el cultivo del olivo, pero que también se está aplicando en otros cultivos como almendros, e incluso cítricos (Bordas et al., 2012). En todos los casos, se quiere aprovechar una tecnología totalmente probada, como es la de las cosechadoras de vid en espaldera, pero en el caso de los árboles ornamentales, esta tecnología no se puede aplicar porque son árboles aislados y de elevado porte.

1.3. EFECTOS SOBRE LA SALUD DEL ÁRBOL

Un tema importante en la recolección mecanizada es el cómo afecta a la salud del árbol, puesto que el trato que se le da al mismo es bastante duro, debido a la exposición a altas vibraciones, a enganches y a golpes por parte de la maquinaria.

En general Buker et al. (2004) afirman que la utilización de los vibradores no produce daños severos al árbol, pero los árboles en mal estado fisiológico, con algún tipo de estrés hídrico o nutricional, pueden presentar respuestas inesperadas. Así mismo, aseguran que la utilización de los vibradores a largo plazo no tiene efecto sobre el árbol, y que no se produce ninguna pérdida de producción con el paso de los años. Por otro lado, es obvio que al utilizar un vibrador, se va a producir una defoliación en el árbol, pero se ha demostrado que las hojas restantes que quedan son más que suficientes para compensar la pérdida sin que se aprecie ninguna reducción del rendimiento. En cuanto a las raíces, tampoco se apreció problema alguno por la utilización durante años de los vibradores.

En estudios hechos en España, Torregrosa et al. (2012) dicen que la defoliación aumenta al aumentar la frecuencia y el tiempo de agitación, pero se trata de una defoliación aceptable cuando el tiempo de vibración no es superior a 5-6 s, además, no se observaron daño en las raíces ni en el tronco en el período de recolección (septiembre-marzo).

Donde sí se pueden ocasionar daños es en el tronco por rotura de la corteza. Para evitar esto, hay que asegurarse de que el vibrador tenga la pinza bien acolchada, además de realizar la operación en una época adecuada, en la que el flujo de savia del árbol sea menor.

Según Torregrosa et al. (2007b) sí que se pueden producir daños en el tronco debido a la alta actividad de la savia si la máquina se utiliza a partir del mes de mayo.

Moreno et al. (2012) no encontraron problemas en la salud de mandarinos 'Orogrande', recolectados mecánicamente con un vibrador de troncos en un ensayo de 3 años de duración y en los que se midió estrés hídrico y actividad fotosintética, entre otros parámetros.

Buker et al. (2004), con vibradores de copa, comprueban que se pueden producir lesiones en las ramas, pero lesiones que no tienen mayor importancia, ya que estas no son de gravedad y cicatrizarán sin problema alguno.

Por lo tanto, siempre y cuando la recolección mecánica se realice entre septiembre y abril, el tronco se proteja mediante el empleo de garras prensoras con elementos acolchados en buen estado y no se abuse de la frecuencia y duración de la vibración, no son de esperar daños importantes a los árboles.

2. OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo, es estudiar y valorar varios sistemas de recolección mecanizada en cítricos, ya probados en agricultura, como alternativa rentable a la actual recolección manual de los naranjos ornamentales, con la aplicación concreta a la zona Norte de la ciudad de Valencia.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. MATERIAL VEGETAL

El material vegetal del presente trabajo corresponde a los naranjos amargos situados en las calles de la zona Norte de Valencia.

Estos naranjos suelen tener unas dimensiones similares, aunque pueden variar dependiendo de la edad del árbol y de la zona de plantación. En general por cada calle o zona, todos los naranjos tienen las mismas características, puesto que fueron plantados al mismo tiempo, aunque siempre puede haber algún árbol fuera de la media general debido a que ha sido una replantación.

Los datos referentes al inventario del arbolado viario de la zona norte de la ciudad de Valencia han sido obtenidos a partir de la herramienta informática SIG facilitada por el Servicio de Jardinería del Ayuntamiento de Valencia, llamada GEOVISIÓN.

Se midieron las dimensiones principales de 38 árboles utilizando un distanciómetro láser. En la tabla 1 se recogen los valores medios observados y en el Anexo 1 se aportan todos los valores.

Tabla 1. Dimensiones de los cítricos ornamentales de la zona Norte de la ciudad de Valencia

	TRONCO		COPA				
	altura cruz (m)	diámetro tronco a 1,5 m de altura (m)	altura máxima copa (m)	altura mínima copa (m)	diámetro longitudinal de la copa (m)	diámetro transversal copa (m)	volumen copa (m ³)
Media	2,2	0,13	5,1	2,2	3,6	3,1	60
Desviación estándar	0,4	0,02	0,5	0,4	0,8	0,7	25
Mínimo	1,6	0,08	4,0	1,6	2,1	1,7	19
Máximo	3,2	0,20	6,2	3,2	5,1	4,2	124

La altura de la cruz del árbol suele rondar los 2 m oscilando entre 1,6 m y 2,5 m, aunque hay algunas excepciones como la calle Dolores Marqués en donde los árboles tienen unas dimensiones mayores, y la altura de la cruz ronda los 3 m, esto es debido a su proximidad al carril bus, ya que, para la correcta circulación de los autobuses, los árboles deben tener una mayor altura de cruz. La altura total del árbol tiende a ser de 5 m, moviéndose en valores desde 4 m a 5,7 m, pero en Dolores Marqués al igual que la altura de la cruz es mayor, la altura del árbol también lo es, y ronda los 6 m.

En cuanto al diámetro de la copa, al tener forma ovoide, se han tomado dos medidas, que son la del diámetro longitudinal de copa y diámetro transversal de copa. Aquí las medidas son más variables, puesto que la formación del árbol depende tanto de la edad, como de la intensidad de poda y de la distancia a las fachadas de los edificios u otras obstrucciones. El diámetro longitudinal (paralelo a la dirección de la vía) oscila entre los 2,1 m y los 5,1 m, mientras que el diámetro transversal oscila entre 1,7 m y 4,2 m.

Por último, el diámetro del tronco, que siempre ha sido medido a una altura de 1,5 m, oscila entre los 8 y los 17 cm, aumentando su grosor conforme aumenta su edad.

3.2. EQUIPOS

Los equipos necesarios para la recolección de las naranjas son totalmente diferentes si se trata de recolección manual o mecánica. Dentro de esta última también se va a diferenciar entre vibradores de ramas y de tronco, puesto que los vibradores de aire ya están en desuso y los de copa y las cosechadoras cabalgantes, por su diseño, no son aptos para trabajar en las calles.

3.2.1. Recolección manual

La recolección manual se realiza con la ayuda de herramientas de jardinería, que consisten en una pértiga con un gancho final, con la que derriban las naranjas al suelo, para su posterior recogida utilizando escobas y capazas. En la figura 1 se pueden observar las herramientas y la forma de trabajo.



Figura 1. Recogida manual (Fuente: Antonio Torregrosa)

3.2.2. Vibradores de ramas

En este trabajo no se han usado vibradores de ramas, pero se tiene información de ensayos previos realizados por el Grupo de investigación GIMTA-DIRA de la Universitat Politècnica de València en naranjos ornamentales de la ciudad, en los que se comprobó que eran perfectamente válidos para el derribo de estos frutos. El equipo que se utilizó fue un vibrador usado para la recolección de aceituna, marca Cifarelli SC 800 S (180, Strada Oriolo, 27058 Voghera, Italia), que puede funcionar en un rango continuo de frecuencias desde los 10 hasta los 25 Hz, y puede provocar desplazamientos de hasta 4 cm en las ramas. Tiene un gancho fijo de sujeción para atrapar las ramas de hasta un máximo de 4 cm. La potencia del motor es de 2,1 kW a 8000 rev/min, con una masa de 16,7 kg y una longitud de la pértiga de 1,8 m.

Estos equipos, al igual que los manuales, se pueden utilizar en cualquier árbol. En la figura 2 se muestra esta máquina trabajando.

Los valores recopilados por el GIMTA-DIRA en cítricos agrícolas se han utilizado para estimar las capacidades de trabajo y los costes en el caso de los cítricos ornamentales.



Figura 2. Derribo de naranjas con vibrador de ramas (Fuente: Antonio Torregrosa)

3.2.3. Vibradores de tronco

En el caso de los vibradores de tronco se han utilizado los siguientes dos modelos, habiendo diferencias claras entre ellos.

El primero de estos es un vibrador de la marca Topavi modelo 'Ligero-tenaza' de tres puntos de apoyo en el tronco montado en un tractor Lamborghini 990-F de doble tracción, enganche frontal y 64 kW de potencia. Este equipo se podría utilizar en la mayoría de los cítricos ornamentales, debido a su facilidad en el manejo, ya que, al no tener paraguas recogedor, la posibilidad de maniobrar cerca del tronco del árbol es mayor, además de que las dimensiones del tractor necesario son menores, lo que le permite circular fácilmente por la mayoría de aceras, carriles bici o carreteras, a excepción de algunas zonas con obstáculos que dificulten el trabajo de esta maquinaria. En la figura 3 se muestra el vibrador derribando uno de los árboles de la avenida de los Naranjos.



Figura 3. Vibrador de troncos marca Topavi vibrando un naranjo ornamental (Fuente: Antonio Torregrosa)

El otro modelo utilizado ha sido un vibrador con paraguas de la marca 'Estupiña' con depósito y bombas enganchadas al tripuntal trasero y vibrador con paraguas acoplados a los brazos de una pala cargadora marca 'Tenias' modelo 'T10 Evolution'. En el paraguas se han utilizado barras de 1 m y 3 m de longitud. Estos dos tipos de barras se pueden observar en las figuras 4 y 5. El tractor utilizado ha sido de la marca 'Kubota' modelo 'M110GX' de 88 kW de potencia y doble tracción. El ancho de la máquina con el paraguas plegado es de 2,4 m y su longitud, con el paraguas horizontal y plegado es de 9 m.

Este equipo tiene como inconveniente su gran tamaño, lo que puede llevar a problemas de circulación del tractor por aceras estrechas, la imposibilidad de circular por carriles bicis con seto alrededor, y la dificultad de abrir el paraguas recolector totalmente en zonas con fachadas u otro tipo de obstáculos cerca.



Figura 4. Vibrador de troncos marca Estupiña con paraguas provisto de varas de 3 m (Fuente: Antonio Torregrosa)



Figura 5. Vibrador de troncos marca Estupiña con paraguas provisto de varas de 1 m (Fuente: propia)

En la tabla 2 se recoge un resumen de las características de los equipos.

Tabla 2. Características de los equipos recolectores existentes en el mercado

Equipo	Masa vibrador (kg)	Masa tractor (kg)	Potencia (kW)	Dimensiones (m)			Precio (€)
				Ancho	Largo	Alto	
Vibrador ramas	17		2-3	0,3	1,8		1 800
Vibrador troncos Topavi	1 300	23 000	64	1,2	7	2,5	25 000
Vibrador troncos Estupiña con paraguas y varas de 3 m	1 700	4 900	88	2,4	9	3,1	31 900
Vibrador troncos Estupiña con paraguas y varas de 1 m	1 650	4 850	88	2,4	9	3,1	31 900

3.3. MÉTODO DE CÁLCULO DE LOS COSTES DE LA MAQUINARIA EN PROPIEDAD

Para el cálculo de los costes de utilización de las máquinas adquiridas en propiedad, se ha seguido el método ASAE (2006a y 2006b). Los parámetros asumidos para estos cálculos se muestran en el Anexo 2.

3.4. METODOLOGÍA USADA PARA DETERMINAR LAS CAPACIDADES DE TRABAJO

En cuanto a las capacidades de trabajo, de la recolección manual ya se tenían datos, y para la recolección con el vibrador de ramas, se ha utilizado la capacidad de trabajo citada en bibliografía.

Para las capacidades de trabajo de los vibradores de tronco, se grabaron los ensayos realizados con cámaras de video, para así poder medir el tiempo necesario para llevar a cabo el derribo de las naranjas.

En el vibrador de tronco sin paraguas, se contabilizó el número de árboles recolectados en un determinado tiempo, para obtener de esta manera el tiempo medio de trabajo por árbol.

$$TT = \frac{\text{tiempo}}{\text{Nº árboles derribados}}$$

Donde:

TT = Tiempo de trabajo (tiempo/árbol)

En el vibrador de tronco con paraguas, al ser una máquina más compleja, con menos maniobrabilidad y más grande, se dividió la operación en tres partes o tiempos, al sumarlas se obtiene el tiempo utilizado en total por cada árbol en el derribo. Estas 3 partes de la operación se recogen en la tabla 3.

Tabla 3. Partes de la operación de derribo

A	Maniobra para encarar al árbol
B	Abrir el paraguas y vibrar
C	Recoger el paraguas y hacer marcha atrás

$$A + B + C = TTd$$

Donde:

TTd = Tiempo total derribo/árbol

Además de estos tiempos de derribo, al tiempo de trabajo se le debe añadir un cuarto tiempo que es el de descarga de la recogida, este tiempo sería el tiempo D. Quedando de la siguiente forma el tiempo de trabajo óptimo (TTop).

$$A + B + C + D = TTop$$

Donde:

TTop = Tiempo de trabajo óptimo (tiempo/árbol)

Este tiempo de trabajo (TTop) sería el óptimo para cada árbol sin contar con que hubiese algún tipo de retraso en la realización de la operación debido a factores externos, como pueda ser que los vehículos estacionados en la carretera no hayan sido retirados, que haya algún problema de tráfico, etc.

De esta manera, también se han tomado tiempos empleados en este tipo de interrupciones (Ti), obteniendo como resultado dos tiempos de trabajo distintos: el tiempo de trabajo óptimo (TTop) y otro el tiempo de trabajo con interrupciones (TTi). Este último sería la suma del tiempo de trabajo óptimo más los tiempos de las interrupciones.

$$TTi = TTop \left(\frac{\text{tiempo}}{\text{árbol}} \right) + Ti \left(\frac{\text{tiempo}}{\text{árbol}} \right)$$

Donde:

TTop = Tiempo de trabajo óptimo (tiempo/árbol)

TTi = Tiempo de trabajo con interrupciones (tiempo/árbol)

Ti = Tiempo de interrupciones (tiempo/árbol)

Una vez recogidos los tiempos, las capacidades de trabajo (CT) se obtiene mediante la inversa del tiempo de trabajo (TT), y expresando el valor final en árboles/tiempo.

$$CT \left(\frac{\text{árboles}}{\text{tiempo}} \right) = \frac{1}{TT \left(\frac{\text{tiempo}}{\text{árbol}} \right)}$$

Donde:

TT = Tiempo de trabajo (tiempo/árbol)

CT = Capacidad de trabajo (árboles/tiempo)

3.5. METODOLOGÍA USADA PARA CARACTERIZAR LAS INFRAESTRUCTURAS VIARIAS

Se ha realizado una clasificación viaria dependiendo de la disposición de los árboles en las aceras o medianas, del número de carriles por calle y por la cercanía a las vías del tranvía. Para la obtención de esta clasificación, se han buscado todas las calles con naranjos en la herramienta informática SIG (GEOVISIÓN) cedida por el Servicio de Jardinería del Ayuntamiento de Valencia, para comprobar y clasificar todas las calles atendiendo a sus características.

Posteriormente, se ha procedido a medir con un distanciómetro láser, una muestra de cada tipo de vía, para así obtener los distintos datos de las dimensiones de las calles y alcorques.

4. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN VIARIA

El número de calles con naranjos ornamentales en la zona Norte de la ciudad de Valencia es de 230. Estas calles se han diferenciado según la posición de los naranjos en ellas y el número de carriles, en 7 tipos diferentes de vía como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Tipos de vía

Nº	TIPO
1	árboles en una acera y 1 carril
2	árboles en una acera y más de 1 carril
3	árboles en ambas aceras y 1 carril
4	árboles en ambas aceras y más de 1 carril
5	árboles en ambas aceras y mediana
6	árboles en mediana
7	árboles al lado de las vías del tranvía

Continuando con las infraestructuras viarias, también se pueden destacar algunos datos relevantes como la distancia de los árboles a las fachadas o las dimensiones de los alcorques.

Los naranjos están plantados en dos tipos de alcorques con dimensiones diferentes. Ambos son cuadrados. El más pequeño tiene unas dimensiones interiores de 0,85 m de lado. Si contamos la línea de adoquines que le acompaña, rodeando el perímetro del alcorque, las dimensiones exteriores pasan a ser de 1 m de lado. Por otro lado, el alcorque de mayor tamaño tiene unas dimensiones interiores de 1 m y las exteriores de 1,2 m de lado.

En lo que concierne a la distancia de los árboles a las fachadas puede variar mucho según el tipo de vía en que se encuentren, y las dimensiones de ésta, destacándose que en avenidas largas y anchas la distancia a las fachadas es mayor que en las calles estrechas. Dichas distancias suelen oscilar entre 2 y 4 m.

Las dimensiones de las calles oscilan mucho y dependen mucho del número de carriles para la circulación de los vehículos. De esta manera, las dimensiones entre aceras o de la acera a la mediana oscilan entre 6,8 y 15,60 m.

Los planos de las dimensiones de las calles medidas, se pueden ver en el Anexo 9.

4.2. CANTIDAD DE ÁRBOLES Y NÚMERO DE CALLES POR BARRIO

La cantidad total de árboles a recolectar en las calles de la zona Norte de Valencia es de 5703, repartidos en 33 barrios. En la tabla 5 se resume el número de árboles por barrio y en el Anexo 3 se detallan los árboles existentes por barrio, calle y tipo de vía.

Tabla 5. Número de calles y árboles por barrio en la Zona Norte de Valencia

BARRIO	Nº CALLES CON NARANJOS	Nº ÁRBOLES
AIORA	14	510
ALBORS	2	16
BENICALAP	14	459
BENIMACLET	15	568
BENIMAMET	9	153
BETERÒ	2	29
CABANYAL-CANYAMELAR	16	254
CAMÍ DE VERA	4	132
CAMÍ FONDÓ	2	33
CAMPANAR	8	157
CIUTAT FALLERA	9	60
CIUTAT JARDÍ	3	215
EL CALVARI	4	54
EL GRAU	4	45
ELS ORRIOLS	6	149
EXPOSICIÓ	3	33
JAUME ROIG	2	11
LA CARRASCA	4	283
LA CREU DEL GRAU	9	276
LA MALVA-ROSA	2	33
LA VEGA BAIXA	4	77
LES TENDETES	7	74
L'ILLA PERDUDA	5	230
MARXALENES	10	224
MESTALLA	6	146
MORVEDRE	7	152
PENYA-ROJA	3	86
SANT ANTONI	6	391
SANT LLORENS	14	517
SANT PAU	3	21
TORMOS	11	93
TORREFIEL	18	212
TRINITAT	4	10
TOTAL	230	5703

4.3. TIEMPOS Y CAPACIDADES DE TRABAJO DE CADA SISTEMA DE RECOLECCIÓN

Según el servicio de jardinería del ayuntamiento de Valencia, el tiempo necesario para recolectar todas las naranjas de Valencia Norte manualmente se estima en 45 jornadas, en las que trabajan 18 brigadas al mismo tiempo. Estas brigadas están formadas por 3 operarios cada una que se encargan de derribar y recoger las naranjas, con lo que considerando 8 h/jornada, suponen 19 440 horas de trabajo. El total de árboles recogidos por este método es de 7000, puesto que también se recogen árboles de plazas y parques. Por lo tanto, la capacidad de trabajo de la recogida manual es de 0,36 árb/h/oper.

El tiempo de trabajo del vibrador de ramas, según Torregrosa et al. (2007c) es de 6 min/árb. En un supuesto caso de que hubiese interrupciones, supondremos un tiempo de trabajo de 7 min/árbol (rendimiento de parcela del 86 %). La capacidad de trabajo es de 10 árb/h si es tiempo de recogida es óptimo, mientras que, si contamos las posibles interrupciones, la capacidad de trabajo es de 8,6 árb/h.

La capacidad de trabajo del vibrador de troncos con paraguas, se ha estimado a partir de las mediciones realizadas al equipo empleado este año en las calles de Valencia. Los valores medios de los tiempos recogidos aparecen en la tabla 6 y en el Anexo 4 se recogen los tiempos totales.

Tabla 6. Tiempos de trabajo medios del vibrador con paraguas

A (min/árb)	B (min/árb)	C (min/árb)	D (min/árb)	Tiempo por árbol óptimo (min/árb)	Tiempo gastado en Interrupciones (min/árb)	Tiempo por árbol con interrupciones (min/árb)
0,7	0,3	0,4	0,7	2,1	0,8	2,9

Donde:

A (min/árb) = Maniobra para encarar al árbol

B (min/árb) = Abrir el paraguas y vibrar

C (min/árb) = Recoger el paraguas y hacer marcha atrás

D (min/árb) = Descarga de la recogida

Dados estos tiempos, la capacidad de trabajo con el tiempo óptimo por árbol es de 28,57 árb/h, en el caso de que haya interrupciones, la capacidad de trabajo es de 20,7 árb/h.

La capacidad de trabajo del vibrador de troncos sin paraguas, se ha estimado a partir de los tiempos registrados en el derribo de 13 árboles situados en la Av. de Los Naranjos, frente a la Escuela de Telecomunicaciones de la UPV, donde se emplearon 13 min en derribar 11 árboles. El tiempo empleado por árbol fue de 1,2 min/árb.

Este tipo de vibrador, al ser una máquina que debe ir incorporada al tractor, por sus dimensiones, en algunos casos se puede ver entorpecida su labor. Pueden darse casos en los que el tractor no pueda derribar la fruta de los naranjos debido a que haya coches que obstaculicen el paso del tractor, también se puede dar el caso, de que haya mobiliario urbano,

señales de tráfico, farolas o similares que, por su proximidad al árbol, impidan el acople de la pinza del vibrador al árbol, o lo dificulten teniendo que maniobrar para encarar al árbol desde otro punto. En estos casos, el tiempo de trabajo necesario será mayor debido a las interrupciones, y se ha estimado el mismo valor de interrupciones que en el caso del vibrador con paraguas, que es de 0,8 min/árb. Por lo tanto, el tiempo de trabajo por árbol en el caso de interrupciones es de 2 min/árb.

Las capacidades de trabajo para el vibrador de tronco sin paraguas son de 50 árb/h para un tiempo óptimo de trabajo, y de 30 árb/h para el tiempo de trabajo con interrupciones.

En todos los casos se ha supuesto que se dispone de suficiente personal de recogida de los frutos derribados, para que no sea un factor limitante del trabajo.

En la tabla 7 se recogen todas las capacidades de trabajo obtenidas para los distintos métodos de recolección.

Tabla 7. Capacidades de trabajo

	Capacidades de trabajo óptimas (árb/h)	Capacidades de trabajo con interrupciones (árb/h)
Recolección Manual	0,36	
Vibrador de ramas	10	8,6
Vibrador de troncos sin paraguas	50	30
Vibrador de troncos con paraguas	28,57	20,7

4.4. COSTES DE UTILIZACIÓN DE CADA SISTEMA DE RECOLECCIÓN

Los costes de utilización de cada sistema de recolección cambian para cada tipo de recolección, dependiendo de si se trata de comprar la máquina en propiedad o de si se alquila.

Para el cálculo de costes de la maquinaria en propiedad, previamente se ha realizado una estimación de las horas que cada máquina va a ser utilizada, según las capacidades de trabajo y el número de árboles totales a recoger.

El cálculo de horas anuales necesarias del vibrador de ramas queda de la siguiente forma:

$$\frac{5703 \text{ árb}}{10 \text{ árb/h}} = 570,3 \text{ h} \approx 600 \text{ h}$$

El cálculo de horas anuales necesarias del vibrador de troncos sin paraguas queda la siguiente forma:

$$\frac{5703 \text{ árb}}{50 \text{ árb/h}} = 114,06 \text{ h} \approx 120 \text{ h}$$

El cálculo de horas anuales necesarias del vibrador de troncos con paraguas que da la siguiente forma:

$$\frac{5703 \text{ árb}}{28,57 \text{ árb/h}} = 199,61 \text{ h} \approx 200 \text{ h}$$

Para el vibrador de ramas, según el método ASAE de cálculo de costes, para un uso de 600 h al año y una vida útil de 10 años, el coste de una máquina en propiedad es de 11,50 €/h, incluyendo el operario.

El precio de alquiler del vibrador de ramas es de 36,66 €/día según las fuentes consultadas del mercado actual (GONVER, 2017), como la jornada laboral es de 8 horas diarias, el precio por hora del alquiler de esta maquinaria es de 4,58 €. A este valor se le debe sumar 10€ del operario a la hora, y el coste de gasolina que será de 3 € al día. Por lo tanto, el precio de alquiler completo del vibrador de ramas es de 15 €/h.

El precio de alquiler para el vibrador de troncos sin paraguas es de 60 €/h, mientras que el vibrador de tronco con paraguas es de 70 €/h (información personal de usuarios conocidos). En ambos casos se incluye el tractor y el tractorista.

El tractor en propiedad trabajará como mínimo las 200 h necesarias para derribar los árboles con el vibrador con paraguas. Se va a estimar un uso de 600 h ya que se podría utilizar también para otras tareas del servicio de jardinería del ayuntamiento de Valencia.

En el caso de los vibradores las horas se han estimado en función de los árboles que se podrían vibrar en la zona de jardines estudiada acorde a las capacidades de trabajo del apartado anterior.

El coste horario de un tractor para un uso de 600 h/año y una vida útil de 15 años es de 30 €/h. El coste del vibrador de troncos sin paraguas para un uso de 120 h/año y una vida útil de 10 años es de 29,3 €/h. Por otro lado, el coste del vibrador de troncos con paraguas para un uso de 200 h/año y una vida útil de 10 años es de 26,5 €/h. Por lo tanto, sumando el coste del tractor más el de los vibradores, el precio de uso del vibrador sin paraguas será de 59,3 €/h y el del vibrador con paraguas será de 56,5 €/h.

En el caso del vibrador con paraguas el coste del equipo en propiedad es un poco inferior al del alquiler, y en el caso del equipo sin paraguas, el coste de adquisición es ligeramente inferior al del alquiler. No son grandes las diferencias observadas, por lo tanto, la empresa encargada de la recogida de las naranjas tendrá que valorar si le interesa realizar la inversión o si le resulta más interesante alquilar y despreocuparse de la compra y mantenimiento de los equipos.

Si se decide por la compra, se puede buscar un tractor y un vibrador lo mejor adaptados posibles a su uso urbano: dimensiones reducidas y muy maniobrable.

Si se opta por el alquiler, a partir del mes de enero puede haber bastante oferta de vibradores de aceituna libres en las proximidades de Valencia, pero hay que contar con los gastos de transporte y los equipos puede que no sean tan específicos.

En la tabla 8 se recoge un resumen de los costes de alquiler y adquisición.

Tabla 8. Costes de alquiler y adquisición

	Coste alquiler (€/h)	Coste adquisición (€/h)
Vibrador de ramas	15	11,5
Vibrador de troncos sin paraguas	60	59,3
Vibrador de troncos con paraguas	70	56,5

4.5. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS

En este apartado se muestra la relación entre el coste horario y el tiempo de trabajo por árbol, dando como resultado el coste de recolectar cada árbol.

Para cada sistema de recogida, se han obtenido para las distintas operaciones a realizar, el coste de la maquinaria, el coste de los operarios, el número de operarios, las capacidades de trabajo y los demás costes de operaciones o materiales.

En el caso de la recolección manual, según los datos facilitados por el Servicio de Jardinería del Ayuntamiento de Valencia, el coste es de 35,27 €/árb, ya que el presupuesto destinado a la recolección de 7000 árboles es de 246 916,74 €. Si tenemos en cuenta que eran necesarias 2,8 h/árb (apartado 4.3), el coste horario sería de 12,6 €/h.

En el siguiente diagrama de flujo se puede ver el total de operaciones a realizar para la recolección de los naranjos.

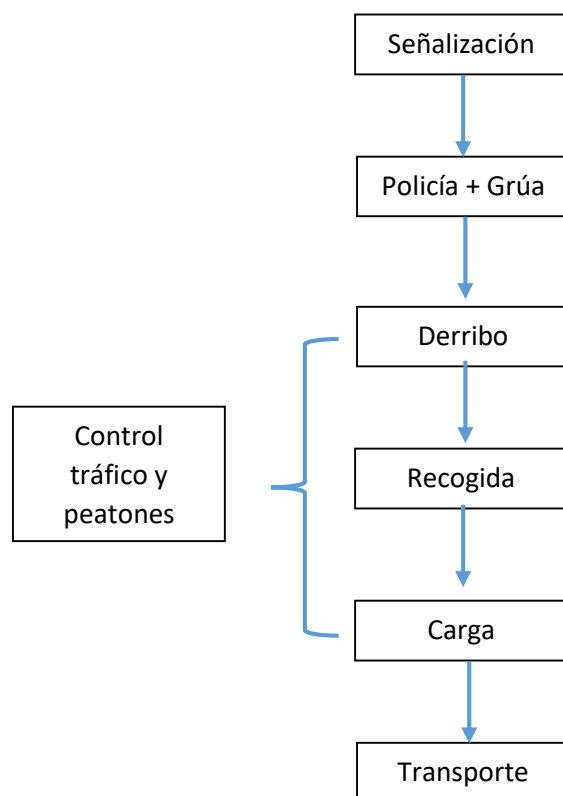


Figura 6. Diagrama de flujo operaciones recolección mecanizada

En la tabla 9 se muestra el total de operarios necesarios para las distintas operaciones que aparecen en el diagrama de flujo y el material necesario.

Tabla 9. Operarios y material necesario por operación

OPERACIÓN		PERSONAL NECESARIO	MATERIAL	
A	Señalización	2	Cintas balizadoras y placas de prohibido aparcar	
B	Policía + Grúa	2	Grúa	
C	Control tráfico y peatones	Manual	0	Vallas, conos y señales
		Vibrador ramas	0	
		Vibrador tronco	2	
		Vibrador tronco + paraguas	3	
D	Derribo	Manual	1	Pértigas con gancho
		Vibrador ramas	1	Vibrador de ramas
		Vibrador tronco	1	Vibrador de tronco
		Vibrador tronco + paraguas	1	Vibrador tronco con paraguas
E	Recogida	Manual	1	Escobas y capazas
		Vibrador ramas	2	
		Vibrador tronco	5	
		Vibrador tronco + paraguas	2	
F	Carga	1	Capazas, camión o furgoneta con remolque	
G	Transporte	1	Camión o furgoneta con remolque	

Cada una de estas operaciones tiene un coste, que puede variar dependiendo de la alternativa de maquinaria en cada caso.

Los costes de señalización se han estimado a partir de relacionar, una distancia media entre árboles de 6 m, un precio al operario de 10 €/h y una velocidad de avance del operario de 1 km/h. Obteniendo de esta manera un coste de 0,06 €/árb.

Los costes de policía y grúa no se han estimado para este trabajo, puesto que entrarían dentro del presupuesto general del ayuntamiento destinado a estos servicios.

Para la obtención de los costes de señalización de tráfico y recogida, se ha estimado un precio por operario de 10 €/h.

Los datos de costes del material de control de tráfico han sido cedidos por el servicio de jardinería del Ayuntamiento de Valencia, siendo de 0,15 €/h.

Para la obtención de los costes totales de recolección se han estudiado 4 casos, en los que se combina la utilización del precio de adquisición y el de alquiler con los tiempos de trabajo óptimos y con interrupciones. En las tablas 10 a 21 se calculan los costes finales en €/árbol para cada uno de los cuatro casos.

4.5.1. Caso 1 – Coste de alquiler y tiempo de trabajo óptimo

Tabla 10. Costes DERRIBO + RECOGIDA (Caso 1)

COSTES RECOLECCIÓN	DERRIBO			RECOGIDA				DERRIBO + RECOGIDA	
	Alternativas	Coste (€/h)	Tiempo trabajo (min/árb)	Coste derribo (€/árb)	Coste operario (€/h)	Nº operarios complementarios mínimo	Capacidad recogida (min/árb/oper)		Coste recogida (€/árb)
1. Manual									35,27
2. Vibrador ramas	15	6	1,50	10	2	12	2,00		3,50
3. Vibrador troncos	60	1,2	1,20	10	5	6	1,00		2,20
4. V. troncos + paraguas	70	2,1	2,45	10	2	4,2	0,70		3,15

Tabla 11. Otros costes + Control Tráfico y Peatones (Caso 1)

COSTES RECOLECCIÓN	Otros COSTES		CONTROL TRÁFICO + PEATONES						
	Alternativas	Señalizar prohibición aparcamiento (€/árb)	Grúa + policía tráfico (€/árb)	Nº operarios	Coste operario (€/h)	Tiempo trabajo (min/árb/oper)	Coste control operarios (€/árb)	Coste materiales control tráfico (€/h)	Coste materiales control tráfico (€/árb)
1. Manual	0	0	0	10	0	0	0	0	0
2. Vibrador ramas	0	0	0	10	0	0	0	0	0
3. Vibrador troncos	0,06	0	2	10	1,2	0,40	0,15	0,003	
4. V. troncos + paraguas	0,06	0	3	10	2,1	1,05	0,15	0,005	

Tabla 12. Coste final Recolección (Caso 1)

COSTES RECOLECCIÓN	
Alternativas	Coste FINAL (€/árb)
1. Manual	35,27
2. Vibrador ramas	3,50
3. Vibrador troncos	2,66
4. V. troncos + paraguas	4,27

4.5.2. Caso 2 – Coste de alquiler y tiempo de trabajo con interrupciones

Tabla 13. Costes DERRIBO + RECOGIDA (Caso 2)

COSTES RECOLECCIÓN	DERRIBO			RECOGIDA				DERRIBO + RECOGIDA	
	Alternativas	Coste (€/h)	Tiempo trabajo (min/árb)	Coste derribo (€/árb)	Coste (€/h)	Nº operarios complementarios mínimo	Capacidad recogida (min/árb/oper)		Coste recogida (€/árb)
1. Manual									35,27
2. Vibrador ramas	15	7	1,75	10	2	14	2,33		4,08
3. Vibrador troncos	60	2	2,00	10	5	10	1,67		3,67
4. V. troncos + paraguas	70	2,9	3,38	10	2	5,8	0,97		4,35

Tabla 14. Otros costes + Control Tráfico y Peatones (Caso 2)

COSTES RECOLECCIÓN	Otros COSTES		CONTROL TRÁFICO + PEATONES						
	Alternativas	Señalizar prohibición aparcamiento (€/árb)	Grúa + policía tráfico (€/árb)	Nº operarios	Coste operario (€/h)	Tiempo trabajo (min/árb/oper)	Coste control operarios (€/árb)	Coste materiales control tráfico (€/h)	Coste materiales control tráfico (€/árb)
1. Manual	0	0	0	10	0	0	0	0	0
2. Vibrador ramas	0	0	0	10	0	0	0	0	0
3. Vibrador troncos	0,06	0	2	10	2	0,67	0,15	0,005	
4. V. troncos + paraguas	0,06	0	3	10	2,9	1,45	0,15	0,007	

Tabla 15. Coste final Recolección (Caso 2)

COSTES RECOLECCIÓN	
Alternativas	Coste FINAL (€/árb)
1. Manual	35,27
2. Vibrador ramas	4,08
3. Vibrador troncos	4,40
4. V. troncos + paraguas	5,87

4.5.3. Caso 3 – Coste de adquisición y tiempo de trabajo óptimo

Tabla 16. Costes DERRIBO + RECOGIDA (Caso 3)

COSTES RECOLECCIÓN	DERRIBO			RECOGIDA				DERRIBO + RECOGIDA	
	Alternativas	Coste (€/h)	Tiempo trabajo (min/árb)	Coste derribo (€/árb)	Coste (€/h)	Nº operarios complementarios mínimo	Capacidad recogida (min/árb/oper)		Coste recogida (€/árb)
1. Manual									35,27
2. Vibrador ramas	11,5	6	1,15	10	2	12	2,00		3,15
3. Vibrador troncos	59,3	1,2	1,19	10	5	6	1,00		2,19
4. V. troncos + paraguas	56,5	2,1	1,98	10	2	4,2	0,70		2,68

Tabla 17. Otros costes + Control Tráfico y Peatones (Caso 3)

COSTES RECOLECCIÓN	Otros COSTES		CONTROL TRÁFICO + PEATONES						
	Alternativas	Señalizar prohibición aparcamiento (€/árb)	Grúa + policía tráfico (€/árb)	Nº operarios	Coste operario (€/h)	Tiempo trabajo (min/árb/oper)	Coste control operarios (€/árb)	Coste materiales control tráfico (€/h)	Coste materiales control tráfico (€/árb)
1. Manual	0	0	0	10	0	0	0	0	0
2. Vibrador ramas	0	0	0	10	0	0	0	0	0
3. Vibrador troncos	0,06	0	2	10	1,2	0,40	0,15	0,003	
4. V. troncos + paraguas	0,06	0	3	10	2,1	1,05	0,15	0,005	

Tabla 18. Coste final Recolección (Caso 3)

COSTES RECOLECCIÓN	
Alternativas	Coste FINAL (€/árb)
1. Manual	35,27
2. Vibrador ramas	3,15
3. Vibrador troncos	2,65
4. V. troncos + paraguas	3,79

4.5.4. Caso 4 – Coste de adquisición y tiempo de trabajo con interrupciones

Tabla 19. Costes DERRIBO + RECOGIDA (Caso 4)

COSTES RECOLECCIÓN	DERRIBO			RECOGIDA				DERRIBO + RECOGIDA	
	Alternativas	Coste (€/h)	Tiempo trabajo (min/árb)	Coste derribo (€/árb)	Coste (€/h)	Nº operarios complementarios mínimo	Capacidad recogida (min/árb/oper)		Coste recogida (€/árb)
1. Manual									35,27
2. Vibrador ramas	11,5	7	1,34	10	2	14	2,33		3,68
3. Vibrador troncos	59,3	2	1,98	10	5	10	1,67		3,64
4. V. troncos + paraguas	56,5	2,9	2,73	10	2	5,8	0,97		3,70

Tabla 20. Otros costes + Control Tráfico y Peatones (Caso 4)

COSTES RECOLECCIÓN	Otros COSTES		CONTROL TRÁFICO + PEATONES						
	Alternativas	Señalizar prohibición aparcamiento (€/árb)	Grúa + policía tráfico (€/árb)	Nº operarios	Coste operario (€/h)	Tiempo trabajo (min/árb/oper)	Coste control operarios (€/árb)	Coste materiales control tráfico (€/h)	Coste materiales control tráfico (€/árb)
1. Manual	0	0	0	10	0	0	0	0	0
2. Vibrador ramas	0	0	0	10	0	0	0	0	0
3. Vibrador troncos	0,06	0	2	10	2	0,67	0,15	0,005	
4. V. troncos + paraguas	0,06	0	3	10	2,9	1,45	0,15	0,007	

Tabla 21. Coste final Recolección (Caso 4)

COSTES RECOLECCIÓN	
Alternativas	Coste FINAL (€/árb)
1. Manual	35,27
2. Vibrador ramas	3,68
3. Vibrador troncos	4,38
4. V. troncos + paraguas	5,21

4.5.5. Comparación alternativas

En la tabla 22 aparece la comparación de los costes finales en los 4 casos.

Tabla 22. Comparación Costes Finales

COSTES RECOLECCIÓN	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4
Alternativas	Coste FINAL (€/árb)	Coste FINAL (€/árb)	Coste FINAL (€/árb)	Coste FINAL (€/árb)
1. Manual	35,27	35,27	35,27	35,27
2. Vibrador ramas	3,50	4,08	3,15	3,68
3. Vibrador troncos	2,66	4,40	2,65	4,38
4. V. troncos + paraguas	4,27	5,87	3,79	5,21

Donde:

Caso 1 = Coste de alquiler y tiempo de trabajo óptimo

Caso 2 = Coste de alquiler y tiempo de trabajo con interrupciones

Caso 3 = Coste de adquisición y tiempo de trabajo óptimo

Caso 4 = Coste de adquisición y tiempo de trabajo con interrupciones

De estos resultados se pueden obtener las siguientes afirmaciones.

El coste de los sistemas mecánicos es del orden de 6 veces inferior al manual en el peor de los casos (caso 2 y alternativa 4) hasta 13 veces inferior en el mejor de los casos (caso 3 y alternativa 3) por lo tanto es económicamente muy interesante utilizar algún sistema mecanizado de recolección de estas naranjas.

De los sistemas mecánicos, el vibrador de ramas tiene un coste de 3,15 a 4,08 €/árb, según qué situaciones, puede ser más o menos caro que el vibrador de tronco sin paraguas. Su principal ventaja es que no altera el tráfico, pero tiene como inconveniente que son equipos pesados y que transmiten vibraciones a los operarios, con lo que éstos no los aceptan de buen grado.

Trabajando con capacidades de trabajo optimas, el vibrador de troncos sin paraguas es la alternativa más económica en todos los casos, siempre y cuando se cumpla la hipótesis de que con 5 operarios es suficiente para recoger todas las naranjas que derriba.

El vibrador de troncos con paraguas, ha resultado un poco más costoso que el de troncos sin paraguas, pero al recoger gran parte de la fruta derribada, puede que sea el más aceptado por la cuadrilla de recogedores.

4.6. TIEMPO ESTIMADO Y BALANCE ECONÓMICO POR ZONAS

En el presente apartado, en las tablas 23 y 25, se ha estudiado en función del número de árboles por barrio, cuál sería el tiempo necesario para llevar a cabo la recogida a partir de los datos obtenidos de los tiempos de trabajo. Además, también se ha estimado cuál sería el coste total para cada uno de los casos citados anteriormente. Para la estimación del tiempo necesario por calle, expresado en días, se ha tomado como un día una jornada laboral de 8 horas.

En los Anexos 5 y 6 se detallan los tiempos y en los Anexos 7 y 8 los costes por calles, para el vibrador de troncos sin paraguas y con paraguas, respectivamente.

Solo se han calculado los tiempos y los costes utilizando los dos tipos de vibradores de troncos, puesto que la utilización del vibrador de ramas queda descartada debido al daño que puede ocasionar en la salud del operario.

Con el vibrador de troncos sin paraguas se estima que serían necesarios de 14 a 24 días para realizar la recolección para la situación óptima y con interrupciones, respectivamente. El coste se cifraría entre 15 113 € y 25 093 € dependiendo de cada caso.

En el caso del vibrador de troncos con paraguas, se precisaría de 25 a 35 días para la situación óptima o con interrupciones, respectivamente. El coste oscilaría entre los 21 614 € y los 33 477 € dependiendo de cada uno de los casos.

En ambos casos, las jornadas necesarias son menores respecto a las 45 actuales de la recogida manual, al igual que el coste que también es muy inferior en ambos casos frente a los 246916,74 € de la recogida manual.

Tabla 23: Cálculo tiempos usando el vibrador de troncos sin paraguas

BARRIO	Nº ÁRBOLES	Tiempo por calle óptimo (h)	Tiempo por calle óptimo (días)	Tiempo por calle con interrupciones (h)	Tiempo por calle con interrupciones (días)
AIORA	510	10,20	1,28	17,00	2,13
ALBORS	16	0,32	0,04	0,53	0,07
BENICALAP	459	9,18	1,15	15,30	1,91
BENIMACLET	568	11,36	1,42	18,93	2,37
BENIMAMET	153	3,06	0,38	5,10	0,64
BETERÓ	29	0,58	0,07	0,97	0,12
CABANYAL-CANYAMELAR	254	5,08	0,64	8,47	1,06
CAMÍ DE VERA	132	2,64	0,33	4,40	0,55
CAMÍ FONDÓ	33	0,66	0,08	1,10	0,14
CAMPANAR	157	3,14	0,39	5,23	0,65
CIUTAT FALLERA	60	1,20	0,15	2,00	0,25
CIUTAT JARDÍ	215	4,30	0,54	7,17	0,90
EL CALVARI	54	1,08	0,14	1,80	0,23
EL GRAU	45	0,90	0,11	1,50	0,19
ELS ORRIOLS	149	2,98	0,37	4,97	0,62
EXPOSICIÓ	33	0,66	0,08	1,10	0,14
JAUME ROIG	11	0,22	0,03	0,37	0,05
LA CARRASCA	283	5,66	0,71	9,43	1,18
LA CREU DEL GRAU	276	5,52	0,69	9,20	1,15
LA MALVA-ROSA	33	0,66	0,08	1,10	0,14
LA VEGA BAIXA	77	1,54	0,19	2,57	0,32
LES TENDETES	74	1,48	0,19	2,47	0,31
L'ILLA PERDUDA	230	4,60	0,58	7,67	0,96
MARXALENES	224	4,48	0,56	7,47	0,93
MESTALLA	146	2,92	0,37	4,87	0,61
MORVEDRE	152	3,04	0,38	5,07	0,63
PENYA-ROJA	86	1,72	0,22	2,87	0,36
SANT ANTONI	391	7,82	0,98	13,03	1,63
SANT LLORENS	517	10,34	1,29	17,23	2,15
SANT PAU	21	0,42	0,05	0,70	0,09
TORMOS	93	1,86	0,23	3,10	0,39
TORREFIEL	212	4,24	0,53	8,93	1,12
TRINITAT	10	0,20	0,03	0,33	0,04
TOTAL	5 703	114,06	14,26	191,97	24,00

Tabla 24: Costes de recolección por barrios utilizando el vibrador de troncos sin paraguas

BARRIO	Nº ÁRBOLES	COSTES CASO 1 (€)	COSTES CASO 2 (€)	COSTES CASO 3 (€)	COSTES CASO 4 (€)
AIORA	510	1357	2244	1352	2234
ALBORS	16	43	70	42	70
BENICALAP	459	1221	2020	1216	2010
BENIMACLET	568	1511	2499	1505	2488
BENIMAMET	153	407	673	405	670
BETERÓ	29	77	128	77	127
CABANYAL-CANYAMELAR	254	676	1118	673	1113
CAMÍ DE VERA	132	351	581	350	578
CAMÍ FONDÓ	33	88	145	87	145
CAMPANAR	157	418	691	416	688
CIUTAT FALLERA	60	160	264	159	263
CIUTAT JARDÍ	215	572	946	570	942
EL CALVARI	54	144	238	143	237
EL GRAU	45	120	198	119	197
ELS ORRIOLS	149	396	656	395	653
EXPOSICIÓ	33	88	145	87	145
JAUME ROIG	11	29	48	29	48
LA CARRASCA	283	753	1245	750	1240
LA CREU DEL GRAU	276	734	1214	731	1209
LA MALVA-ROSA	33	88	145	87	145
LA VEGA BAIXA	77	205	339	204	337
LES TENDETES	74	197	326	196	324
L'ILLA PERDUDA	230	612	1012	610	1007
MARXALENES	224	596	986	594	981
MESTALLA	146	388	642	387	639
MORVEDRE	152	404	669	403	666
PENYA-ROJA	86	229	378	228	377
SANT ANTONI	391	1040	1720	1036	1713
SANT LLORENS	517	1375	2275	1370	2264
SANT PAU	21	56	92	56	92
TORMOS	93	247	409	246	407
TORREFIEL	212	564	933	562	929
TRINITAT	10	27	44	27	44
TOTAL	5 703	15 170	25 093	15 113	24 979

Donde:

Caso 1 = Coste de alquiler y tiempo de trabajo óptimo

Caso 2 = Coste de alquiler y tiempo de trabajo con interrupciones

Caso 3 = Coste de adquisición y tiempo de trabajo óptimo

Caso 4 = Coste de adquisición y tiempo de trabajo con interrupciones

Tabla 25: Cálculo tiempos usando el vibrador de troncos con paraguas

BARRIO	Nº ÁRBOLES	Tiempo por calle óptimo (h)	Tiempo por calle óptimo (días)	Tiempo por calle con interrupciones (h)	Tiempo por calle con interrupciones (días)
AIORA	510	17,85	2,23	24,65	3,08
ALBORS	16	0,56	0,07	0,77	0,10
BENICALAP	459	16,07	2,01	22,19	2,77
BENIMACLET	568	19,88	2,49	27,45	3,43
BENIMAMET	153	5,36	0,67	7,40	0,92
BETERÓ	29	1,02	0,13	1,40	0,18
CABANYAL-CANYAMELAR	254	8,89	1,11	12,51	1,56
CAMÍ DE VERA	132	4,62	0,58	6,38	0,80
CAMÍ FONDÓ	33	1,16	0,14	1,60	0,20
CAMPANAR	157	5,50	0,69	7,59	0,95
CIUTAT FALLERA	60	2,10	0,26	2,90	0,36
CIUTAT JARDÍ	215	7,53	0,94	10,39	1,30
EL CALVARI	54	1,89	0,24	2,61	0,33
EL GRAU	45	1,58	0,20	2,18	0,27
ELS ORRIOLS	149	5,22	0,65	7,20	0,90
EXPOSICIÓ	33	1,16	0,14	1,60	0,20
JAUME ROIG	11	0,39	0,05	0,53	0,07
LA CARRASCA	283	9,91	1,24	13,68	1,71
LA CREU DEL GRAU	276	9,66	1,21	13,34	1,67
LA MALVA-ROSA	33	1,16	0,14	1,60	0,20
LA VEGA BAIXA	77	2,70	0,34	3,72	0,47
LES TENDETES	74	2,59	0,32	3,58	0,45
L'ILLA PERDUDA	230	8,05	1,01	11,12	1,39
MARXALENES	224	7,84	0,98	10,83	1,35
MESTALLA	146	5,11	0,64	7,06	0,88
MORVEDRE	152	5,32	0,67	7,35	0,92
PENYA-ROJA	86	3,01	0,38	4,16	0,52
SANT ANTONI	391	13,69	1,71	18,90	2,36
SANT LLORENS	517	18,10	2,26	24,99	3,12
SANT PAU	21	0,74	0,09	1,02	0,13
TORMOS	93	3,26	0,41	4,50	0,56
TORREFIEL	212	7,42	0,93	12,36	1,55
TRINITAT	10	0,35	0,04	0,48	0,06
TOTAL	5 703	199,61	24,95	278,00	34,75

Tabla 26: Costes de recolección por barrios utilizando el vibrador de troncos con paraguas

BARRIO	Nº ÁRBOLES	COSTES CASO 1 (€)	COSTES CASO 2 (€)	COSTES CASO 3 (€)	COSTES CASO 4 (€)
AIORA	510	2178	2994	1933	2657
ALBORS	16	68	94	61	83
BENICALAP	459	1960	2694	1740	2391
BENIMACLET	568	2425	3334	2153	2959
BENIMAMET	153	653	898	580	797
BETERÓ	29	124	170	110	151
CABANYAL-CANYAMELAR	254	1085	1491	963	1323
CAMÍ DE VERA	132	564	775	500	688
CAMÍ FONDÓ	33	141	194	125	172
CAMPANAR	157	670	922	595	818
CIUTAT FALLERA	60	256	352	227	313
CIUTAT JARDÍ	215	918	1262	815	1120
EL CALVARI	54	231	317	205	281
EL GRAU	45	192	264	171	234
ELS ORRIOLS	149	636	875	565	776
EXPOSICIÓ	33	141	194	125	172
JAUME ROIG	11	47	65	42	57
LA CARRASCA	283	1208	1661	1073	1474
LA CREU DEL GRAU	276	1179	1620	1046	1438
LA MALVA-ROSA	33	141	194	125	172
LA VEGA BAIXA	77	329	452	292	401
LES TENDETES	74	316	434	280	386
L'ILLA PERDUDA	230	982	1350	872	1198
MARXALENES	224	956	1315	849	1167
MESTALLA	146	623	857	553	761
MORVEDRE	152	649	892	576	792
PENYA-ROJA	86	367	505	326	448
SANT ANTONI	391	1670	2295	1482	2037
SANT LLORENS	517	2208	3035	1959	2694
SANT PAU	21	90	123	80	109
TORMOS	93	397	546	352	485
TORREFIEL	212	905	1244	803	1105
TRINITAT	10	43	59	38	52
TOTAL	5 703	24 352	33 477	21 614	29 713

Donde:

Caso 1 = Coste de alquiler y tiempo de trabajo óptimo

Caso 2 = Coste de alquiler y tiempo de trabajo con interrupciones

Caso 3 = Coste de adquisición y tiempo de trabajo óptimo

Caso 4 = Coste de adquisición y tiempo de trabajo con interrupciones

5. DISCUSIÓN

5.1. RECOLECCIÓN MANUAL

La recolección manual tiene como ventaja la posibilidad de recoger todos los árboles de la ciudad, puesto que ni el tipo de vía ni la presencia de obstáculos imposibilita esta alternativa de recolección. Por otro lado, sus inconvenientes serían la forma de recogida, aunque se utilizan unas pértigas que facilitan el derribo de las naranjas, la tarea es incómoda y lenta, consiguiéndose unas capacidades de trabajo muy bajas, lo que encarece mucho el proceso. Este encarecimiento lleva a que, con partidas presupuestarias limitadas, queden muchas naranjas sin recoger con los consiguientes problemas para la circulación y peatones que la caída incontrolada de las naranjas conlleva.

5.2. VIBRADORES DE RAMAS

La utilización de vibradores de ramas en la recolección de cítricos tiene una serie de ventajas, por las que es interesante su estudio para el uso en los cítricos ornamentales de la ciudad de Valencia.

Con este tipo de vibradores al igual que en la recolección manual, se pueden recoger todos los árboles, y además es el único sistema de recolección mecanizada que interfiere poco o nada en la circulación de vehículos y de los peatones. Con este método se puede derribar prácticamente el 100 % de la fruta, todo depende del número de ramas que se desee sacudir. Los costes de recolección se reducen drásticamente respecto al sistema manual y la inversión necesaria en la compra de los equipos es reducida, puesto que el precio de adquisición, que oscila entre 1 500 y 2 000 €, es muy bajo en comparación con los equipos acoplados a tractor.

Como inconveniente destaca su transmisión de vibraciones a los operarios, su peso y el elevado ruido producido, así que desde el punto de vista de la salud laboral no son equipos aconsejables (Villalba et al. 2016). En caso de utilizarse, la máquina se debe de ir alternando entre varios usuarios para reducir el tiempo de exposición a las vibraciones.

Otro aspecto negativo de esta máquina es su capacidad de trabajo limitada, que depende del número de ramas vibradas y la forma de conducción de los naranjos ornamentales, ya que dificulta un poco su uso al estar las ramas muy altas (por encima de los 2 m) y ser las copas relativamente compactas.

Debido a esta serie de inconvenientes, se recomienda la utilización de esta maquinaria para casos de árboles aislados, o calles con pocos árboles, utilizando un vibrador de troncos para las calles con más naranjos, y dejando de lado la recolección manual, puesto que, el coste es entre 8 y 11 veces menor utilizando el vibrador de ramas, y la capacidad de trabajo es unas 25 veces mayor, pudiendo realizar el derribo mucho más rápido.

5.3. VIBRADORES DE TRONCOS CON/SIN PARAGUAS

Los vibradores de troncos tienen como ventajas que son máquinas con una elevada capacidad de trabajo y porcentajes de derribo superiores al 80 % cuando se usan correctamente. Si llevan paraguas, el derribo, la recogida de la fruta y la descarga de la máquina en el medio de transporte los realiza la misma máquina, lo que es rápido, eficiente y seguro. Estas máquinas son muy utilizadas para la recolección de aceituna, por lo que la posibilidad de contratarlas cerca de la ciudad de Valencia es alta.

Su principal inconveniente es su precio, ya que son equipos caros, de entre 25 000 € y 35 000 € de valor de adquisición y unos 60-70 €/h en alquiler, aunque hay que añadir los costes del transporte en un camión especial desde las localidades cercanas a Valencia, hasta la capital, por lo tanto, deberían contratarse por periodos largos (varias semanas) para reducir la componente de este coste.

Es necesario regular el tráfico antes del trabajo, prohibiendo aparcar en la mayor parte de las calles que tendrán que ser recolectadas. En el caso de calles con un único carril o calles estrechas, el tráfico será aconsejable cortarlo durante la recolección, por eso con anterioridad se ha hecho una clasificación viaria, para así poder estimar que calles será necesario cortar al tráfico, y cuales no se cortarán por tener varios carriles, pero sí que se deberá realizar un control del tráfico continuo. Cabe destacar que en las calles con naranjas en las que circule el tranvía, habrá que extremar la precaución y no será posible la apertura del paraguas recolector.

Cuando se trabaja en zonas con tránsito de personas hay que vigilar el paso de los peatones y la entrada y salida de personas desde las viviendas.

Otro gran inconveniente es que algunos árboles no se pueden vibrar por tener cerca alguna señal de tráfico, semáforo, armario eléctrico, aparcabicis, contenedores de basuras, etc., este problema se acentúa si se emplea el paraguas.

Como se puede ver en los costes anteriormente expuestos, los vibradores de tronco, con o sin paraguas, son dos formas más económicas que el método manual, de recoger las naranjas de los cítricos ornamentales. El vibrador de tronco sin paraguas es más rentable que el vibrador de tronco con paraguas, pero se necesita más mano de obra porque toda la naranja derribada cae al suelo, y por lo tanto es necesario recogerla.

El principal motivo por el que el vibrador de tronco sin paraguas es más económico que con paraguas, aparte de tener un menor precio de alquiler y de adquisición, es debido a su mayor capacidad de trabajo, puesto que el vibrador de troncos con paraguas es una máquina con mayores dificultades para maniobrar. Pero el vibrador con paraguas cuenta a su favor con que se necesitan menos operarios recogedores y, además, permite la descarga en altura, por encima de las bandas de los camiones, tanto de las naranjas recogidas por el paraguas como las de las capazas de los operarios, que utilizan el paraguas para descargarlas con menos esfuerzo, al no tener que elevarlos en altura.

Precisamente por esta comodidad que aporta el vibrador con paraguas, aunque no sea la opción más económica, posiblemente sea la solución más aceptada por los equipos de recolección de estos frutos.

6. CONCLUSIONES

En las calles de la zona Norte de Valencia, la cantidad total de naranjos ornamentales es de 5703, repartidos en 230 calles, y éstas en 33 barrios.

La actual recolección manual de las naranjas, tiene un coste de 35,27 € por árbol.

El coste del vibrador de ramas oscila entre 3,15 €/árb y 4,08 €/árb, el coste del vibrador de troncos oscila entre 2,65 €/árb y 4,40 €/árb, el coste del vibrador de troncos con paraguas oscila entre 3,79 €/árb y 5,87 €/árb.

La recolección manual es el método más caro y menos eficiente de todos los sistemas estudiados. El uso del vibrador de ramas se ve limitado por la problemática de salud que puede ocasionar a los operarios. El vibrador de troncos sin paraguas, es la opción más económica y con mayor capacidad de trabajo de los dos tipos de vibradores de troncos, pero se necesita un mayor número de operarios para la recogida de las naranjas del suelo. El vibrador de troncos con paraguas tiene una menor capacidad de trabajo debida a su complejidad y dimensiones, pero facilita mucho la labor de recogida reduciendo así la cuadrilla de operarios.

Según el estudio técnico-económico realizado y las experiencias recogidas en los ensayos, se presenta como propuesta el uso del vibrador de troncos con paraguas para la recolección de los naranjos ornamentales de la zona Norte de Valencia. Es un sistema entre 5 y 9 veces más económico que el actual y con una capacidad de trabajo 80 veces mayor. Es el sistema que aporta más comodidades y reduce el trabajo manual necesitando así un menor número de operarios.

7. BIBLIOGRAFÍA

- **ARENAS F.J.; CASTRO S.; BLANCO G.L.; SALGUERO A.; HERVALEJO A., MERINO C., GIL J.A.** 2015. Field evaluation of two canopy shake systems for mechanical harvesting on citrus orchards in andalusia (Spain). *Acta Horticulturae*. 1065: 1853-1860.
- **ASAE.** 2006a. ASAE D497.5. Agricultural machinery management data. *ASABE Standards*, 2: 391-398.
- **ASAE.** 2006b. ASAE EP496.3. Agricultural machinery management data. *ASABE Standards*, 2: 385-390.
- **BORDAS M.; TORRENTS J.; ARENAS F.J.; HERVALEJO A.** 2012. High Density Plantation system of the Citrus Industry. *Acta Horticulturae*. 965: 123-130.
- **BUKER R.S.; SYVERTSEN J.P.; BURNS J.K.; ROKA F.M.; MILLER W.M.; SALYANI M.; BROWN G.K.** 2004. Mechanical Harvesting and Tree Health. *University of Florida IFAS Extension*.
- **GONVER.** 2017. Fecha de consulta: 7 de junio de 2017. [http://www.gonver.es/p/prd1/4215892071/product/\(alquiler\)vareador-de-aceitunas-ciferelli](http://www.gonver.es/p/prd1/4215892071/product/(alquiler)vareador-de-aceitunas-ciferelli)
- **HUTTON R.J.; LILL W.J.** 1982. Development of a mechanical harvesting system for citrus fruit. *Proceedings of the International Society of Citriculture*, 1: 281-285.
- **I. D.** 2017. Con las naranjas por el suelo. *Las Provincias*. Fecha de consulta: 1 de marzo de 2017. <http://www.lasprovincias.es/valencia-ciudad/201702/25/naranjas-suelo-20170225000740-v.html>
- **MARTÍN GÓRRIZ B.; GIL SIERRA J.; TORREGROSA MIRA A.; PORRAS CASTILLO I.** 2010. Recolección mecánica de limones con vibrador de tronco. *Revista de Fruticultura*, 3: 19-25.
- **MORENO R., CHUECA P., GARCERÁ C., TORREGROSA A., INTRIGLIOLO D., MOLTÓ E.** 2012. Use of an abscission agent for harvesting mandarins in Spain. *Acta Horticulturae*. 965: 105-110.
- **MORENO P.** 2017. El retraso en la recogida llena las calles de Valencia de naranjas por el fuerte viento. *Las Provincias*. Fecha de consulta: 1 de marzo de 2017. <http://www.lasprovincias.es/valencia-ciudad/201702/09/retraso-recogida-llena-calles-20170208234530-v.html>
- **PETERSON D.L.** 1998. Harvester picks ripe citrus faster. *Agricultural Research*, 46 (3): 8-9.
- **SANDERS K.F.** 2004. Orange harvesting systems review. *Biosystems Engineering*, 90 (2): 115-125.

- **SUMNER H.R.; COPPOCK G.E.; CHURCHILL D.B.; HEDDEN S.L.** 1979. Shaker removal methods affect Valencia orange yield-second year. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 92: 54-56.
- **TORREGROSA A.; ALMELA V.; BERNAD J.J.; ORTÍ E.; PÉREZ M., MARTÍN B.** 2007a. Recolección de mandarinas clemenules mediante procedimientos mecánicos. *Levante Agrícola*, 387: 357-360.
- **TORREGROSA A.; ORTÍ E.; BERNAD J.J.; PÉREZ M.** 2007b. Recolección de naranjas con un vibrador de troncos. *Levante Agrícola*, 389: 417-421.
- **TORREGROSA A.; ORTÍ E.; ALMELA V.; BERNAD J.J.; PÉREZ M.; MARTÍN B.** 2007c. Utilización de los vibradores térmicos portátiles en la recogida de cítricos. *Agroingeniería*. 1-2.
- **TORREGROSA A.; MORENO R.; CHUECA P.; MOLTÓ E.; ORTIZ C.** 2009. Recolección de mandarinas cv. oro grande con un vibrador de troncos. *Levante Agrícola*, 395: 160-163.
- **TORREGROSA MIRA A.; ORTIZ SÁNCHEZ MC.; MARTIN B.; MORENO R.; MOLTO E.; CHUECA P.** 2012. Mechanical Harvesting of Citrus Fruits for Fresh Market with a Trunk Shaker and a Hand-Held Petrol Shaker. *Acta Horticulturae*, 965: 49-53.
- **VILLALBA M. M.; ORTIZ C.; VAL L.; TORREGROSA A.** 2016. Evaluation of hand vibration exposure using portable shakers in family olive orchards. *CIGR-AgEng conference*. Aarhus, Denmark. 5 pp.
- **WHITNEY J.D.** 1973. Citrus harvest results with the air shaker concept. *Proceedings of the 85th Annual Meeting of the Florida State Horticultural Society*, 250-254
- **WHITNEY J.D., SUMNER H.R., HEDDEN S.L.** 1974. Harvesting "Valencia" orange with a vertical foliage shaker. *The citrus industry*, 16 (6): 1024-1026.
- **WHITNEY J.D.** 1977. Design and performance of an air shaker for citrus fruit removal. *Transactions of the ASAE*, 20 (1): 52-56.
- **WHITNEY J.D., WHEATON T.A.** 1987. Shakers affect Florida orange fruit yields and Harvesting efficiency. *Applied engineering in agricultura*, 3 (1): 20-24.