



FORO  
DOCENTE  
DEL AREA  
MECANICA  
DE LAS  
INGENIERIAS

**FoDAMI**



*II CAIM 2010  
Segundo Congreso Argentino  
de Ingeniería Mecánica  
San Juan - Noviembre 2010*

## **PROPUESTA DE UNA MÁQUINA COSECHADORA DE VID EN ESTRUCTURA DE PARRAL**

**Horacio Aguilar<sup>1</sup>, Hugo Galdeano<sup>1</sup>, Carlos Rodriguez<sup>1</sup>, José Carlos Bocca<sup>1</sup>,  
Oswaldo Penisi<sup>1</sup>, Maximiliano Battistella<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> Instituto de Mecánica Aplicada – Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de San Juan*

*Av. Libertador San Martín 1109 oeste San Juan - Argentina*

*Tel/Fax: +54-2644210277 - E-mail: haguilar@unsj.edu.ar.*

*<sup>2</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria San Juan  
Ing. Marcos Zalazar y Vidart, CP 5427, Villa Aberastain, San Juan, Argentina*

### **RESUMEN**

En este trabajo se pretende aportar una solución a la cosecha mecánica de la vid, dispuesta en estructura de conducción de parral. Las máquinas cosechadoras disponibles en el mercado actual, solo ofrecen equipos para la cosecha de la vid dispuesta en estructura de conducción vertical (espalderas) y para el caso de los parrales, existen equipos que exigen estructuras de conducción, adaptadas solamente a tipos de cosechadoras diseñadas específicamente.

El trabajo contempla el análisis de un mecanismo de arranque por vibración de los granos o racimos de uva de la planta, este mecanismo integra luego un conjunto mecánico, que acopia lo cosechado en un contenedor y que luego es trasvasado al transporte que lo traslada a la bodega. La tracción es aportada por un tractor, del tipo usado en las explotaciones vitivinícolas.

Esta mecanización introduce un efecto no deseado, como la rotura del grano, pero se logra con la cosechadora mecánica, una mayor celeridad en la carga del transporte para su envío a la bodega, reduciendo así el período de acción no deseado de microorganismos y oxidaciones enzimáticas, permitiendo además, la cosecha nocturna donde la temperatura al ser menor, hace más lentos estos procesos.

Si bien en el trabajo se realiza una descripción de la máquina completa, se hace énfasis en el análisis del funcionamiento del sistema vibratorio y rotativo utilizado para el desprendimiento de los racimos de la planta. Actualmente se trabaja en la realización de un prototipo de laboratorio para estudiar el comportamiento del mismo.

**Palabras Claves:** Máquina – Cosechadora – Vid – Estructura Parral.

## 1. INTRODUCCIÓN

En general la vitivinicultura regional no posee en la actualidad herramientas que permitan reemplazar la cosecha manual, cuando la estructura de conducción utilizada es el parral tipo cuyano cultivado en Argentina. Por varias razones la cosecha mecanizada en el mundo es cada día más utilizada e independientemente de las razones, el hecho en sí, representa una modernización. Argentina, importante país elaborador de vinos y mostos y en vías de posicionarse a nivel mundial como país exportador de productos vitivinícolas, transita por un camino de modernización de su vitivinicultura [1][2], desde el manejo del viñedo hasta la sofisticada tecnificación de sus bodegas.

La viticultura mundial y también la Argentina, da mucha importancia al momento oportuno de la cosecha, atendiendo a la madurez enológica del fruto. La falta de disponibilidad de mano de obra de cosecha en el periodo considerado oportuno, hace más lenta esta tarea [3], con un fuerte impacto en la calidad y cantidad de uva cosechada. Es por esto que actualmente, las nuevas implantaciones se realizan en sistemas de conducción vertical, como la espaldera alta, ya que permite la mecanización de tareas como poda, despampanado y cosecha [4]. Si bien estos sistemas de conducción son mecanizables con equipos cabalgantes, el potencial productivo por unidad de superficie es inferior al de estructuras de conducción que permiten mayor expresión vegetativa como el parral en Argentina, el GDC italiano y el "T" californiano. En Argentina la superficie implantada de vid con estructura de conducción de parral, tipo cuyano, asciende a más de 130.000 hectáreas, según datos dados a conocer por el Instituto Nacional de Vitivinicultura (INV 2005).

La cosecha manual obliga a que esta actividad se realice en horario diurno con elevada temperatura ambiente, lo que constituye una situación desfavorable, ya que se incrementan los procesos de deterioro del producto. Además y a pesar de que en muchas situaciones se pagan valores superiores a los acordados, no se cuenta con la mano de obra necesaria en el momento óptimo dado por la madurez enológica. El aumento de la superficie implantada y el incremento de los rindes por hectárea, profundizan la crisis. Lo anterior indica la necesidad de mecanizar la vendimia, lo que permitiría cosechar en el momento oportuno, acelerar los tiempos de cosecha, reducir el costo de la misma y compensar la notoria reducción de la disponibilidad de mano de obra. Si bien cualquier sistema de cosecha distinto del manual provocará una mayor rotura de granos, la reducción del tiempo de cosecha y la posibilidad de hacer una cosecha nocturna, compensará con creces esa situación adversa.

Si bien existe una vendimiadora para estructura de parral, como la Pasquali, la adecuación del sistema de conducción para el funcionamiento de la misma exige una estructura de alambres secundarios más cara y un sistema de conducción de poda mixta [5], con la consecuente imposibilidad de mecanizar la tarea de poda. Otra de las características de esta vendimiadora, es que la vibración se transmite a la estructura de conducción [6], por lo que es necesario que la misma sea lo suficientemente robusta aumentando su costo con respecto a los parrales tradicionales.

Este trabajo, está dirigido a mecanizar la cosecha de viñedos cuya estructura responda a sistemas de conducción de alta expresión vegetativa cuya canopia se dividida en dos planos y donde la vibración es transmitida a brotes y racimos sin afectar las estructura permanentes del sistema de conducción. Se adaptaría a estructuras tales como el parral conducido en H y el T californiano. En el caso de parrales ya establecidos, con sistema de conducción con poda mixta, sería necesaria una modificación en el

ordenamiento de la canopia, a un sistema de conducción en H, en cordón de pitones. Si bien esta modificación no tiene impacto en la estructura de conducción, si requeriría un sacrificio por parte del viñatero, que vería afectada su producción en un periodo máximo estimado de transformación de dos años, sacrificando en dicho período el 30% de la producción, pérdida que a posteriori será ampliamente compensada, si se tratara de viñedos relativamente jóvenes. Se hace notar que el costo operativo de la poda manual cuando el sistema de conducción es el de cordón de pitones, es un 40% menor, que en poda mixta. También con el sistema en "H" se logra una mejor distribución de brotes y racimos, y un ahorro importante en productos fitosanitarios dirigidos a estos últimos.

Entre las razones que motiva esta iniciativa podemos mencionar, entre las más importantes, una reducción de los tiempos y costos de cosecha, contrarrestar el déficit creciente de mano de obra y el poder realizar la cosecha en función de la madurez enológica y en los horarios más convenientes.

El trabajo contempla el análisis de un mecanismo de arranque de los granos de uva de la planta, mediante la vibración de los mismos [4]. Este mecanismo, integra luego un conjunto mecánico, que acopia lo cosechado en un contenedor para que luego sea trasvasado al transporte que lo traslada a la bodega. La tracción es aportada por un tractor, del tipo usado en las explotaciones vitivinícolas, no descartando la posibilidad de diseñar un equipo autopropulsado.

## 2. METODOLOGÍA DEL DESARROLLO

El desarrollo del presente trabajo, surge de una idea de los técnicos de la Estación Experimental San Juan del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)[7], que sostienen la posibilidad de producir el desprendimiento de los granos de uva mediante el vibrado de los mismos, en particular en los viñedos cultivados con estructura de parral tipo cuyano, en H y cordón de pitones y comienza con el estudio básico de las características dinámicas que se impondrán al mecanismo vibratorio, según los fines perseguidos. Este mecanismo vibratorio, consiste en una rueda de bastones dispuestos en forma radial, los cuales además de vibrar, permiten el giro solidario de toda la rueda de bastones para permitir que el conjunto pueda girar sobre su eje, al encontrarse con algún obstáculo en su movimiento de avance.

De acuerdo con la bibliografía consultada, (Curso de Vitivinicultura, Cosecha mecánica, 2003), la masa de los granos y la fuerza de arrancado, para dos variedades distintas, se dan en la siguiente tabla:

Tabla 1 Masas de los granos y fuerza de arrancado para dos variedades distintas

Variedades	Grenache	Carignan
Peso de los Granos	2,2 gramos	3,2 gramos
Fuerza de Arrancado	0,25 Newton	0,44 Newton

Si se pretende arrancar los granos mediante la vibración de los racimos, estos deberán estar sometidos a una aceleración tal que provoque una fuerza igual o mayor que la fuerza de arrancado, la que para los casos tabulados valdrá:

$$a = \frac{F}{m} = \frac{0,25N}{0,0022Kg} = 113,64 \frac{m}{s^2} \quad (1)$$

$$a = \frac{F}{m} = \frac{0,44N}{0,0032Kg} = 137,5 \frac{m}{s^2} \quad (2)$$

Por lo tanto para producir el arrancado de los granos, se debe someter a estos, a una aceleración de aproximadamente  $150m/s^2$ . Partiendo de esta condición se debe lograr que el bastón transmita dicha aceleración al racimo.

La rueda consta de 24 bastones, dispuestos en dos planos adyacentes y están construidas con un material sintético flexible montado sobre un cubo central, al que se le comunica el movimiento vibratorio por un mecanismo con movimiento rectilíneo y alternativo. El cubo contiene además, un mecanismo que permite liberar la rueda para permitir el giro alrededor de su eje.

En la Figura 1, se puede apreciar una vista general de la disposición de la rueda de bastones.

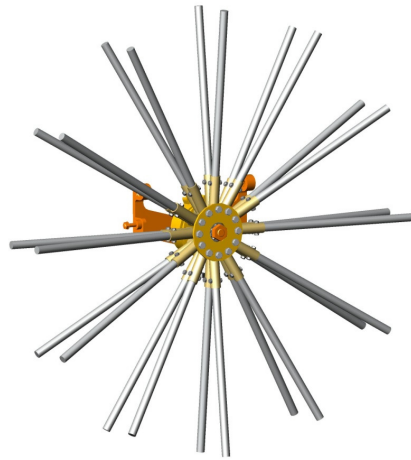


Figura 1 Vista general del conjunto de la rueda de bastones vibratorios

Para producir la vibración, se emplea un oscilador armónico simple, cuyo mecanismo se muestra en la Figura 2:

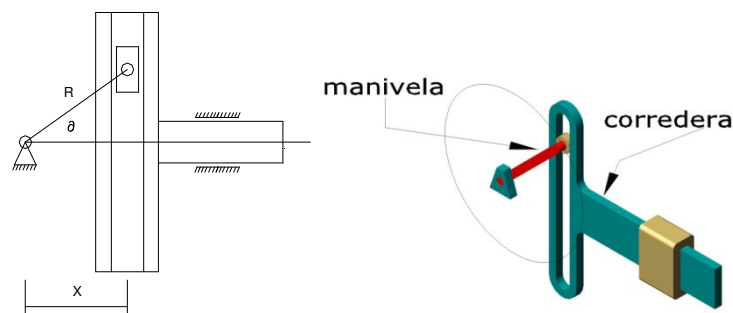


Figura 2 Mecanismo oscilador armónico simple

Para este mecanismo, se cumple que:

$$\begin{aligned} \text{desplazamiento} &= X = R \cdot \cos \theta \\ \text{velocidad} &= V = -\omega R \cdot \text{sen} \theta \\ \text{aceleración} &= a = -\omega^2 R \cdot \cos \theta \end{aligned} \quad (3)$$

La frecuencia de oscilación se calcula con la aceleración máxima absoluta y adoptando un radio de la manivela del oscilador de 75 mm, resulta una amplitud de oscilación de 150 mm:

$$a_{m\acute{a}x.} = \omega^2 R \therefore \omega = \sqrt{\frac{a_{m\acute{a}x.}}{R}} = \sqrt{\frac{150[\frac{m}{seg^2}]}{0,075[m]}} = 44,72[\frac{1}{seg}] \quad (4)$$

La frecuencia de oscilación será:

$$\omega = 2\pi f \therefore f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{44,72[\frac{1}{seg}]}{2\pi} = 7,12[\frac{1}{seg}] \cong 7 \text{ Hertz} \quad (5)$$

El número de revoluciones por minuto a la que debe girar el eje de accionamiento, será:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \therefore n = \frac{\omega \cdot 60}{2\pi} = \frac{44,72 \cdot 60}{2\pi} = 427 \text{ rpm} \quad (6)$$

O sea, aproximadamente 430 rpm.

Este movimiento de rotación, se obtiene de un motor hidráulico que acciona una corredera con movimiento lineal, transformando el movimiento en rectilíneo y alternativo que se transmite a la rueda de bastones por medio del dispositivo que se muestra en la Figura 3.

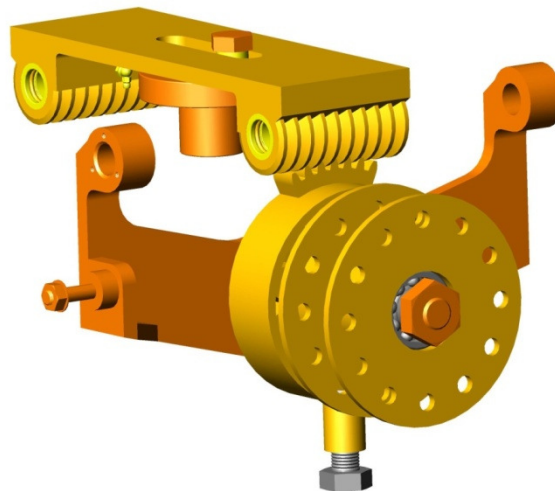


Figura 3 Mecanismo de accionamiento de la rueda de bastones

Dado que la rueda de bastones debe vibrar y simultáneamente avanzar sobre el cultivo, es necesario proveer además, un mecanismo que permita el giro de la rueda para evitar que esta se trabe contra los obstáculos que se puedan presentar durante el avance de la máquina. Esto se logra con un mecanismo adicional, que permite que la rueda se libere ante un obstáculo y pueda continuar girando. Este mecanismo está constituido por un dispositivo de retención, que mediante una bolilla presionada por un resorte, se libera cuando la fuerza sobre los bastones excede la fuerza de vibración.

El dispositivo tiene la disposición que se muestra en la Figura 4:

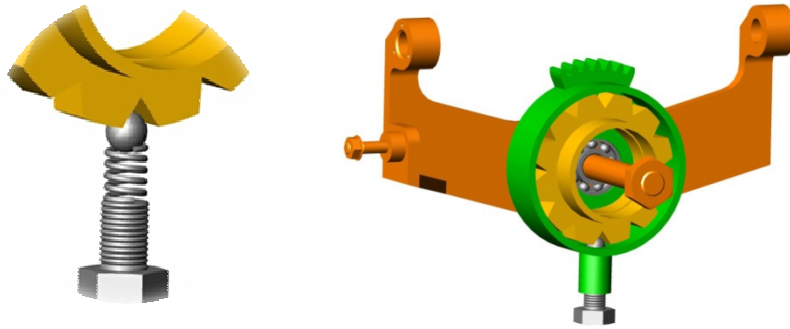


Figura 4 Mecanismo de liberación de la rueda de bastones

Es necesario agregar otro mecanismo adicional que permita la inclinación de las ruedas de bastones, para permitir que las mismas se posicionen de manera correcta en función de la disposición de la canopia de las plantas y también en el momento de iniciar la cosecha en una nueva hilera. Este dispositivo, accionado por medio de un cilindro hidráulico, se muestra en la Figura 5.

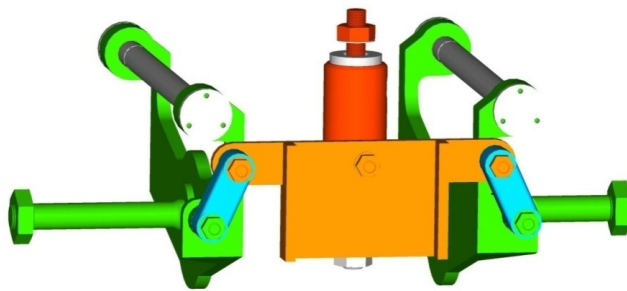


Figura 5 Mecanismo de orientación de la rueda de bastones

Todos estos componentes, se encuentran integrados en el cabezal de la máquina y soportados por un bastidor como el indicado en la Figura 6.

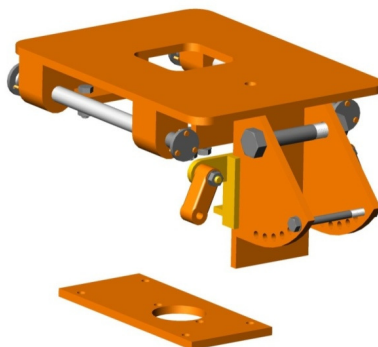


Figura 6 Bastidor del cabezal de la máquina

Finalmente, en la Figura 7, se observa la disposición general de la máquina, donde se pueden apreciar, en la parte superior, los dos cabezales de cosecha, la tolva donde se recoge el producto cosechado, el recipiente desmontable en la parte inferior para retirar el producto cosechado y los sistemas hidráulicos de accionamiento.

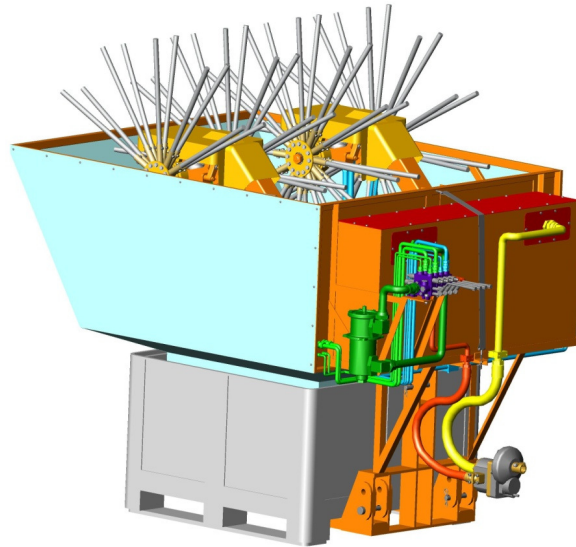
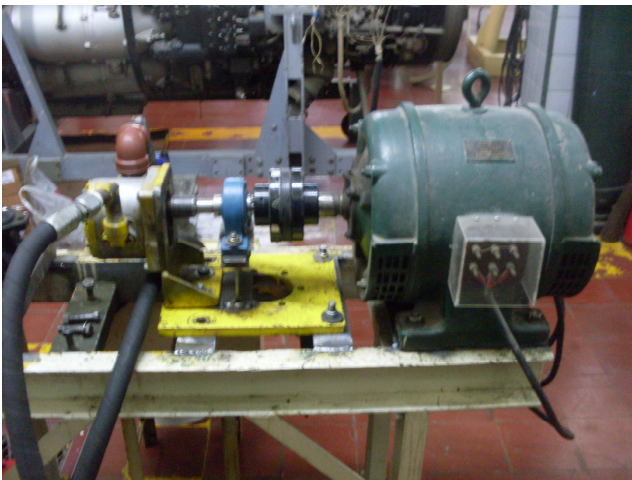
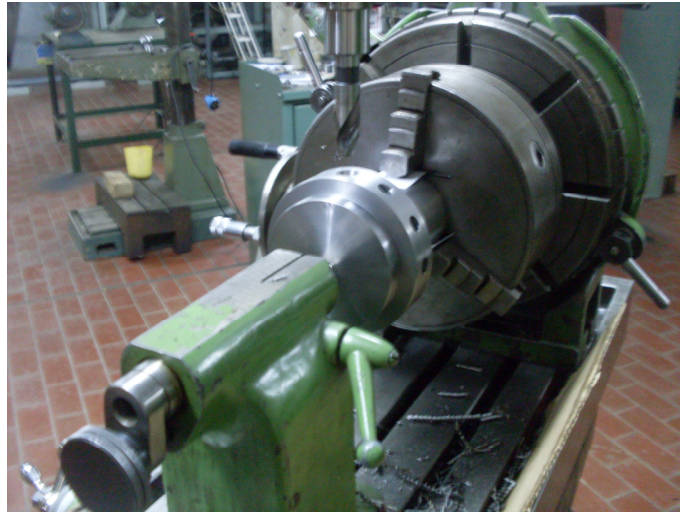


Figura 7 Vista de la máquina completa

### 3. DISCUSIÓN

La máquina propuesta, se encuentra en la fase de construcción de un prototipo para su ensayo en laboratorio, según se muestra en la Figura 8, fundamentalmente para analizar el modo de vibración de los bastones y en base a esto, ajustar la frecuencia de oscilación a un valor óptimo para asegurar el desprendimiento de los granos, como así también, asegurar que el mecanismo de liberación de las ruedas de bastones no interfiera con el vibrado de los mismos, permitiendo asegurar una fuerza de retención adecuada para este propósito.





*Figura 8 Aspectos constructivos del prototipo de cosechadora mecánica*

#### **4. CONCLUSIONES**

La cosechadora por sus prestaciones, pretende ser una herramienta económica y de fácil aplicación para la vitivinicultura actual, ya que sería rentable su adquisición para vitivinicultores que posean una producción de 15 hectáreas o más, además permitiría la creación de empresas prestadoras de servicio de cosecha para los productores con menor producción.

Entre las ventajas más importantes en el empleo de la cosechadora de uva se tiene, la reducción de los tiempos y costos de cosecha y la contribución a la solución del déficit creciente de mano de obra, mediante el uso de tecnología aplicada a la vitivinicultura.

Debido a que la potencia de accionamiento de la cosechadora es aportada por un tractor, consumiendo de este unos 35HP, se manifiesta una ventaja, ya que los equipos autopropulsados que existen en la actualidad necesitan una potencia de alrededor de 100 a 120HP, con el consiguiente aumento de consumo de combustible. Por lo tanto la cosechadora sigue con la tendencia de minimizar el consumo energético y reduciendo además el capital ocioso que generan los equipos autopropulsados, fuera de los periodos de cosecha. Es necesario tener en cuenta que las cosechadoras cabalgantes solo cosechan un cordón a la vez y que la máquina propuesta, cosecha dos cordones en simultáneo, por lo tanto la energía empleada por unidad de peso de uva es menor.

Como se mencionó al principio, esta máquina se encuentra en la fase de construcción de un prototipo para su ensayo en laboratorio, para luego efectuar las pruebas de campo. De resultar satisfactorias estas experiencias, se pretende en el futuro, ampliar el diseño de la cosechadora en un equipo autoportante sobre ruedas y accionada por medio un tractor de arrastre, con el agregado también de un soplador para eliminar las hojas desprendidas de la planta, un dispositivo que elimine el escobajo, una tolva de mayor volumen, con un sistema que permita el sulfitado para obtener una cosecha de mayor calidad, con menor materia orgánica, mejorando así la calidad de los productos obtenidos en los procesos posteriores, reduciendo la energía necesaria y el costo operativo de la cadena productiva en su conjunto.

## 5. REFERENCIAS

- [1] O. Penisi, H. Aguilar, J. Bocca, E. Rojos, H. Galdeano, D. Campos, C. Rodriguez, "Automatización de la recolección de cajas de uvas finas en la vendimia", *VII Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica, México 2005*, ISBN 970-36-0294-0.
- [2] H. Aguilar, J. Bocca, O. Penisi, C. Rodriguez, H. Galdeano, "Mecanización del Transporte en la Cosecha de Uvas Finas", *XXI Congreso Panamericano de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Industrial y Ramas Afines, Lima, Perú, octubre del 2007*.
- [3] C. J. Troncoso, J. Riquelme, F. Laurie, J. Abarca, "Evaluación de las Ventajas Relativas de la Vendimia Mecanizada en Chile Central", *52° Congreso Agronómico efectuado en, Quillota Chile, octubre 2001*.
- [4] Intriери,С.; Sivestroni,О.; Poni,С.; Filippetti,І.; Colucci,Е.; Lia,Г. (1998). Meccanizzazione integrale in viticoltura: Principi ed evoluzione tecnica dei sistemi di allevamento e delle macchine Centro Ricerche Viticole ed Enologiche, Sezione Viticola, Università di Bologna Italia. En: Publicazione, (222) Estratto da: Supplemento a Terra e Vita, 11: 1-62 p.
- [5] Bellomo, F. y D'Andonio, P., (1996): Vendemmiatrice pero tendone: caratteristiche e prestazioni. *m&ma*, Nº 4, Italia, 1996. 16 – 23 p.
- [6] Flores, M. (2000): Cosecha Mecánica: Tecnología vs Tradición. B&T GERENCIA VITIVINÍCOLA. Nº 6. Mendoza, Argentina. Mayo de 2000. 42 – 46 p.
- [7] O. Miranda, M. Battistella, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental San Juan, 2003.