

Método para pronóstico de cosecha de lúpulo

Método para pronóstico de cosecha de lúpulo

Autoras: Kaufmann, Ingrid Irene; Holzmann, Rosa de Lima

Colaboración: Martín Severini (AB InBev - Quilmes)

Palabras clave: valoración visual, rendimiento de conos, proporción vegetativo-reproductivo.

Introducción

El cultivo del lúpulo está en expansión y crece la demanda por opciones de nuevas variedades, entre otros motivos, por la popularidad y demanda creciente de cervezas que buscan diferenciar sus sabores y aromas. Por tal razón se realizan estudios de variedades, tanto comerciales como nuevas, que ameritan evaluaciones de rendimiento, las cuales conviene realizar con ciertos parámetros estándar e involucrando la menor cantidad de recursos posible (operarios, insumos y tiempo). Así mismo, se requiere conocer o estimar la materia seca producida por determinado lote para ajustar la planificación de la cosecha, la logística de pos-cosecha, los destinos de la producción y la administración de la chacra. Ante la inexistencia de un procedimiento que permita estimar visualmente los rendimientos de variedades de lúpulo presentes en Argentina y por lo demás mencionado, las autoras se proponen desarrollar una escala visual de estimación del rendimiento, asociada a la materia seca de los conos y su proporción con el material verde de las plantas de lúpulo.

El lúpulo requiere de una estructura de sostén y, aprovechando el hábito de crecimiento trepador y envolvente, con fuerte dominancia apical de estas plantas, se conducen sus tallos o guías a lo largo de hilos verticales, que pueden sostener dos, tres o más de estas guías, según la edad, el vigor y estructura de crecimiento de la variedad (Figura 1). Conforman así columnas vegetales comúnmente de cinco metros de altura de una masa vegetal de proporciones semejantes.



Figura 1: Imagen en la que se observan guías de lúpulo en pleno crecimiento envolvente por los hilos dispuestos para conducir las hasta los 5 metros (en primavera).

Ante la imposibilidad operativa de tomar datos físicos previos a cada cosecha y de cada variedad, es de gran conveniencia poder contar con el dato estimativo del rendimiento (materia seca de conos). Para ello se propone un indicador de estimación visual basado en una escala de cinco valores referida a una serie de imágenes patrón que, afectado por la proporción que ocupa dentro de la columna vegetal, permita estimar la materia seca de los conos (flores femeninas utilizadas en la industria cervecera). El método de pronóstico de cosecha (valoración visual de la carga de conos) pretende ser una manera rápida de estimar rendimiento teniendo en cuenta un ajuste adjudicable a las diferencias por variedades, sus características morfológicas, peso específico de los conos, forma, tamaño, etc. Con tal fin en este trabajo se buscó relacionar la valoración visual con datos físicos del rendimiento (peso seco de conos).

Los objetivos de este trabajo consisten en 1) proponer un método visual de estimación de carga de conos: **valoración visual**; y 2) validar con datos de la materia seca de conos como **pronóstico de cosecha**. De este modo se deja planteado un procedimiento aplicable a cualquier variedad que se correlacione con los datos físicos de rendimiento.

Materiales y métodos

Se tomó como unidad experimental “un hilo” (Figura 2), es decir aquel al cual se sujetan algunas guías de una planta, independientemente de la cantidad de hilos que corresponden a la misma. Un hilo resulta ser una unidad relativamente uniforme de masa vegetal dentro de una plantación, dígase cuadro varietal de lúpulo. Las muestras consistieron en tres hilos en madurez de cosecha, representativos, de plantas adultas y evitando que se encontraran lesionados, ubicados en las borduras de los cuadros o cualquier otra situación fuera de estándar. Dada la diferencia de carga dentro de una misma columna vegetal, para lograr mayor detalle y practicidad en la evaluación, cada hilo se dividió verticalmente en cuartos, exceptuando el primer metro desde el suelo, afectado normalmente por las labores de protección del cultivo (Figura 2).

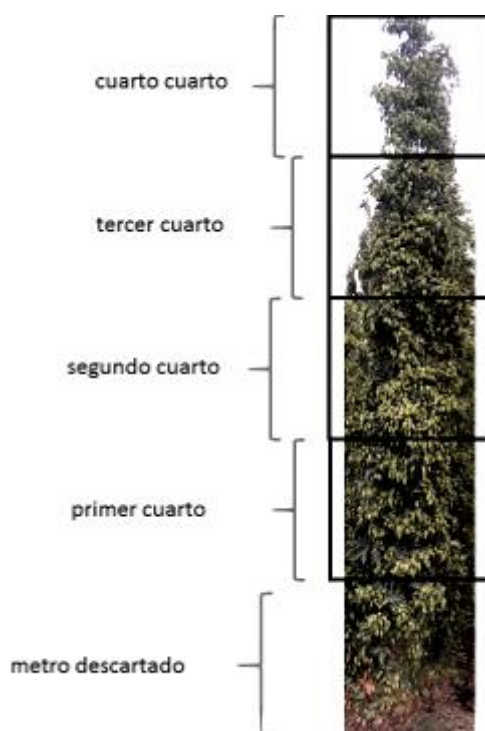


Figura 2: Imagen de un hilo dividido en cuartos y con el metro inferior de la planta que queda en el campo. Se observa la columna vegetal con los conos en color verde claro en madurez de cosecha.

Para cumplir con el primer objetivo se ideó una escala de indicadores visuales como método de estimación, referente a la presencia de conos y su proporción respecto de

las hojas y se trabajó con imágenes de los hilos seleccionados. Para ello se preparó una secuencia de fotos que dan significación a cada valor de la escala. Luego, multiplicando este indicador por el porcentaje de espacio que ocupa cada cuarto dentro de la columna vegetal, se obtiene la valoración visual de la carga de conos de dicho cuarto (sector evaluado del hilo).

Para el segundo objetivo, validar un pronóstico de cosecha, se realizó un muestreo de las variedades a evaluar. Se cosecharon los tres hilos de cada una, descartando el metro en contacto con el suelo, se dividió en cuartos con tijeras de corte y se transportó separadamente en bolsones a laboratorio. Allí se separaron manualmente los conos del resto del material vegetal y se los estivo en condiciones de buena ventilación y baja humedad hasta el momento del secado en estufa a 60°C hasta peso constante (Figura 3). Las muestras se pesaron individualmente con balanza de precisión¹.



Figura 3: Trilla manual de conos en laboratorio.

Con el fin de obtener el equivalente en rendimiento para la valoración visual, se relacionaron los resultados de las valoraciones visuales de carga de conos para cada uno de los cuartos con los respectivos datos de la materia seca de los mismos. Con el programa estadístico *Infostat* (Di Rienzo *et al*, 2008) se ejecutaron las regresiones entre dichos datos para cada variedad, que permitieron obtener las ecuaciones de predicción y el ajuste del método. De este modo se analizaron las variedades Nahuel 1, Mapuche y Victoria pertenecientes a cuadros comerciales, considerando que cada una tiene conos de distinta forma, tamaño y peso.

¹ Sartorius, con precisión de dos dígitos decimales.

Resultados

Estimación de carga de conos. Valoración visual

Con una secuencia de imágenes se materializa una escala de **estimación visual de carga de conos** resumida en cinco valores principales que representan rangos de cargas porcentuales (Figura 4). En dichas imágenes, la presencia y proporción de conos respecto del material vegetal, dan significación a cada valor de la escala del indicador.

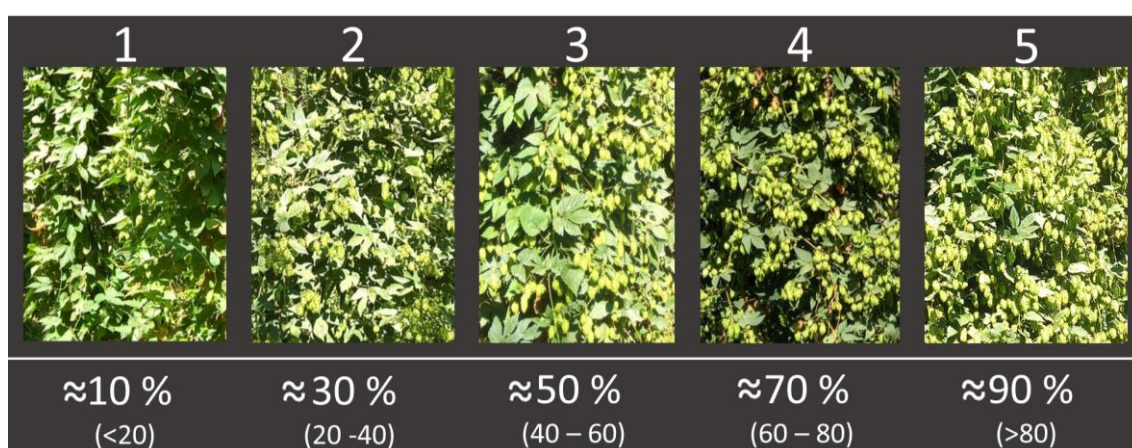


Figura 4: Escala visual de estimación de carga de conos. Cada imagen ejemplifica un valor de la escala, del 1 al 5, de acuerdo a la cantidad y proporción de conos respecto al material vegetal, dentro de un rango.

Una vez aplicado el indicador que da valor a la presencia y proporción de conos de cada cuarto del hilo, se lo afecta por el porcentaje que ocupa la planta respecto al ancho de la columna vegetal. Para asignar un espacio en cada hilo a cada cuarto, se superpuso una grilla que separa en cuatros, la cual se ajusta a la forma general de la planta (Figura 5). Por ejemplo, se estimó la carga de conos del tercer cuarto del hilo de la Figura 5, asignándole un valor de la escala de estimación de carga de conos desde la Figura 4, el cual sería **3**; y se multiplicó por el porcentaje que abarca dentro de la columna vegetal: **70%**. Por lo tanto, la valoración visual (**V.V.**) de carga de conos estimada es $3 \times 0,7 = 2,1$. (En Anexo 1 se presentan las fotos de los 3 hilos de cada una de las variedades comerciales evaluadas -Nahuel 1, Victoria y Mapuche- y los resultados de las valoraciones visuales (V.V.) de las cargas de conos de los cuartos).

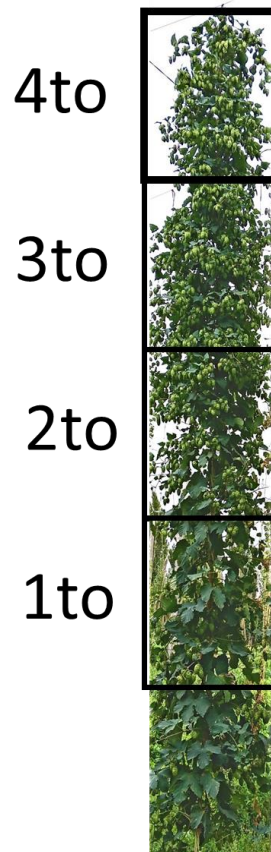


Figura 5: imagen de un hilo donde se ejemplifica la estimación de la carga de conos en el tercer cuarto. Estimación de la escala indicadora: **3**. Ocupación del espacio asignado: **0,7**. Valoración visual: **3 x 0,7 = 2,1**

En algunas variedades los hilos rematan en una forma *capitata* o de maza (también garrote) (Figura 6 y Anexo 3), caso en el cual habrá que considerar un factor de multiplicación mayor a la unidad, según en cuanto supera la columna vegetal.




Figura 6: Foto de un hilo de la variedad Mapuche donde se observa la formación del extremo superior con forma *capitata* o de maza.

Relación de la valoración visual de carga de conos y la materia seca

A través de análisis de regresión de los datos (Tabla 1) se observa que la valoración visual realizada en cada cuarto es buena predictiva de los pesos para cada variedad.

Tabla 1: Valores de la estimación de la carga de conos y la materia seca, por variedad y por cuarto de los hilos A, B y C.



| Cuarto | | Nahuel 1 | | Victoria | | Mapuche | |
|--------|---|----------|--------|----------|--------|---------|--------|
| | | V. V. | Peso | V. V. | Peso | V. V. | Peso |
| 4to | A | 3,5 | 306,76 | 1,5 | 195,64 | 5,0 | 324,32 |
| | B | 2,5 | 230,11 | 3,0 | 391,29 | 2,0 | 129,73 |
| | C | 2,5 | 208,13 | 2,5 | 326,07 | 4,0 | 259,45 |
| 3ro | A | 5,0 | 397,05 | 3,2 | 359,68 | 2,4 | 119,00 |
| | B | 2,5 | 198,52 | 4,0 | 449,60 | 2,0 | 99,17 |
| | C | 3,5 | 277,93 | 2,8 | 314,72 | 4,0 | 198,33 |
| 2do | A | 3,0 | 294,00 | 2,7 | 315,16 | 1,0 | 48,00 |
| | B | 2,4 | 208,14 | 1,6 | 186,76 | 1,0 | 43,50 |
| | C | 3,0 | 226,35 | 1,2 | 140,07 | 3,0 | 137,10 |
| 1ro | A | 2,7 | 97,12 | 2,0 | 128,57 | 0,2 | 2,43 |
| | B | 1,5 | 53,96 | 0,9 | 57,86 | 0,2 | 2,55 |
| | C | 2,5 | 89,93 | 0,6 | 38,57 | 0,9 | 11,22 |

Las ecuaciones de predicción de rendimiento (Figura 8) que surgen del análisis estadístico son las siguientes:

$$\text{Peso}_{\text{Mapuche}} = -22,4 + 63,95 \times \text{V. V.} \quad R^2 = 0,99$$

$$\text{Peso}_{\text{Nahuel 1}} = -67,8 + 98,31 \times \text{V. V.} \quad R^2 = 0,72$$

$$\text{Peso}_{\text{Victoria}} = -30,3 + 125,7 \times \text{V. V.} \quad R^2 = 0,92$$

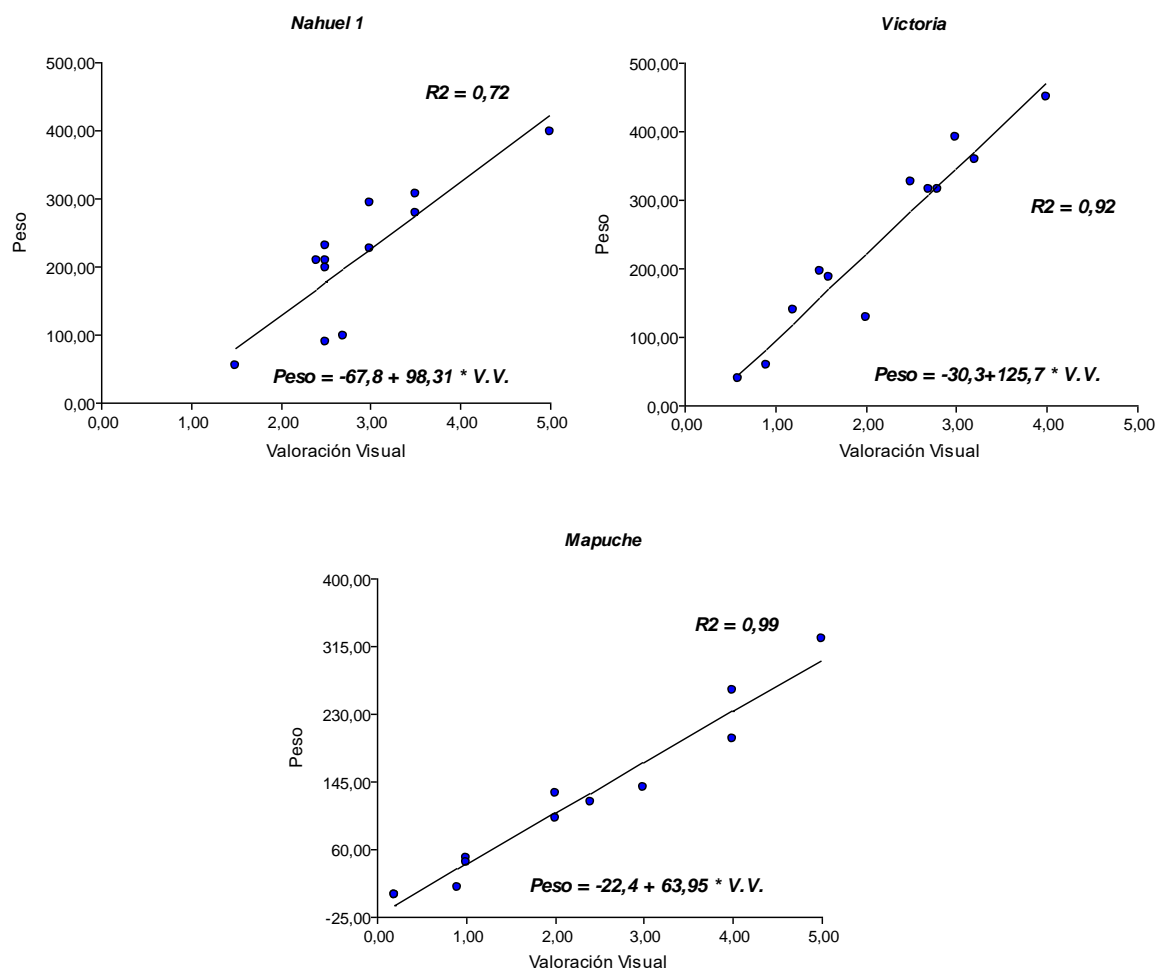


Figura 8: Curvas de regresión y ecuaciones de predicción del peso a través de la valoración visual para cada variedad.

Se observa que la materia seca cosechada por cuartos puede explicarse en un 72% a través de la valoración visual de carga de conos para Nahuel 1, en tanto que este valor es del 92% para Victoria y 99% para Mapuche, siendo una relación válida para los cálculos de estimación de rendimiento a modo de pronóstico de cosecha (En el Anexo 1 se pueden observar las fotos de los hilos muestreados, la división en cuartos y la valoración visual de la carga de conos de los tres hilos de cada variedad: Nahuel 1, Victoria y Mapuche).

Se observa que, para el caso de las variedades analizadas en este trabajo, las plantas cargan la mayor proporción de conos en la mitad superior de los hilos (Tabla 2), en general por el efecto de la incidencia de luminosidad, condiciones generales de la temporada de cultivo y porte natural, el cual es dado por la genética.

| Proporción M. S. de conos promedio por cuarto | | | | | | |
|---|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| | g | % | g | % | g | % |
| Cuarto | Nahuel 1 | | Victoria | | Mapuche | |
| 4 | 248,33 | 28,8 | 304,33 | 31,4 | 273,83 | 55,4 |
| 3 | 291,17 | 33,8 | 374,67 | 38,7 | 138,83 | 28,1 |
| 2 | 242,83 | 28,1 | 214,00 | 22,1 | 76,20 | 15,4 |
| 1 | 80,33 | 9,3 | 75,00 | 7,7 | 5,40 | 1,1 |
| Total | 862,66 | 100,0 | 968,00 | 100,0 | 494,26 | 100,0 |

Tabla 2. Pesos promedio por cuartos y proporciones de carga en la altura de las plantas.

De la carga total de las plantas, se observa que el cuarto superior de Mapuche, dada su forma de maza, aporta más del 50% de la producción, mientras que en Nahuel 1 y Victoria, que tienen forma de tipo cilíndrica a cónica y fusiforme a cilíndrica respectivamente (Anexo 3), la carga es de alrededor del 30%. Considerando la mitad superior, vemos que Mapuche carga más del 80% del total de conos, mientras que Victoria carga el 70% y Nahuel 1 algo más del 60%. Nahuel 1 es la más pareja en cuanto a carga en toda su altura y la que mayor proporción tiene de conos en el cuarto inferior. Nahuel 1 y Victoria son más productivas que Mapuche.

Se propone una guía para su aplicación del método de pronóstico de cosecha (Anexo 2) con el fin de unificar el procedimiento y que lo pueda ejecutar más de un operario con resultados lo más similares posible, al tratarse de una forma subjetiva de evaluación.

Conclusiones

Se encontró un método válido de valoración visual de carga de conos aplicable a cualquier variedad con su diferente estructura e independientemente del número de hilos por cuadro o hectárea.

Es posible pronosticar la cosecha de materia seca con la ecuación de la regresión obtenida para cada variedad analizada y transpolar al cuadro a través del número de hilos aproximado por cuadro.

Este método requiere un cierto entrenamiento visual y es aconsejable que sea realizado por el mismo operador o compartir la decisión de los valores a asignar.

En caso de aplicar el método a otras variedades, se considera necesario evaluar la validez del mismo. Así también se recomienda verificar su aplicación para otras zonas productivas.

Esta metodología se seguirá ajustando en sucesivas cosechas y para distintas variedades.

Bibliografía




Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2008). InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina




Magadán Marcos, J. A.; Olmedo Nadal, J. L., Piñeiro Andión, J., Valladares Alonso, J., García Pedreira, J. M., Fernández Paz, J. 2011. Guía del cultivo del lúpulo. S.A. Española de Fomento del Lúpulo, Hijos de Rivera S.A., Centro Investigaciones Agrarias de Mabegondo – CIAM, Ramisquido, S.L., Laboratorio Agrario y Fitopatológico de Galicia-LAFIGA.













UPOV Species Code: HUMUL_LUP. 2006. PROTOCOL FOR DISTINCTNESS, UNIFORMITY AND STABILITY TESTS Humulus lupulus L. HOP. European Union Community Plant Variety Office. 24: 2 - 17

Anexo 1

Fotos de los hilos muestreados, la división en cuartos y la valoración visual de la carga de conos de los tres hilos (A, B y C) de cada variedad: Nahuel 1, Victoria y Mapuche.

















| Variedad | Hilo | Cuartos | Imagen | Valoración visual | Variedad | Hilo | Cuartos | Imagen | Valoración visual | Variedad | Hilo | Cuartos | Imagen | Valoración visual |
|----------|------|---------|--|----------------------|----------|------|---------|--|----------------------|----------|------|---------|--|----------------------|
| Nahuel 1 | A | |  | | Nahuel 1 | B | |  | | Nahuel 1 | C | |  | |
| | | 4to | | $5 \times 0,7 = 3,5$ | | | 4to | | $5 \times 0,5 = 2,5$ | | | 4to | | $5 \times 0,5 = 2,5$ |
| | | 3ro | | $5 \times 1 = 5$ | | | 3ro | | $5 \times 0,5 = 2,5$ | | | 3ro | | $5 \times 0,7 = 3,5$ |
| | | 2do | | $3 \times 1 = 3$ | | | 2do | | $3 \times 0,8 = 2,4$ | | | 2do | | $3 \times 1 = 3$ |
| | | 1ro | | $3 \times 0,9 = 2,7$ | | | 1ro | | $1,5 \times 1 = 1,5$ | | | 1ro | | $2,5 \times 1 = 2,5$ |

| Variedad | Hilo | Cuartos | Imagen | Valoración visual | Variedad | Hilo | Cuartos | Imagen | Valoración visual | Variedad | Hilo | Cuartos | Imagen | Valoración visual |
|----------|------|---------|--|----------------------|----------|------|---------|--|----------------------|----------|------|---------|--|----------------------|
| Victoria | A | |  | | Victoria | B | |  | | Victoria | C | |  | |
| | | 4to | | $5 \times 0,3 = 1,5$ | | | 4to | | $5 \times 0,6 = 3$ | | | 4to | | $5 \times 0,5 = 2,5$ |
| | | 3ro | | $4 \times 0,8 = 3,2$ | | | 3ro | | $5 \times 0,8 = 4$ | | | 3ro | | $4 \times 0,7 = 2,8$ |
| | | 2do | | $3 \times 0,9 = 2,7$ | | | 2do | | $2 \times 0,8 = 1,6$ | | | 2do | | $2 \times 0,6 = 1,2$ |
| | | 1ro | | $2 \times 1 = 2$ | | | 1ro | | $1 \times 0,9 = 0,9$ | | | 1ro | | $1 \times 0,6 = 0,6$ |

| Variedad | Hilo | Cuartos | Imagen | Valoración visual | Variedad | Hilo | Cuartos | Imagen | Valoración visual | Variedad | Hilo | Cuartos | Imagen | Valoración visual |
|-----------|------|---------|---|----------------------|----------|------|---------|--|----------------------|-----------|------|---------|---|----------------------|
| Mapuche A | | 4to |  | $5 \times 1 = 5$ | | | 4to |  | $4 \times 0,5 = 2$ | Mapuche C | | 4to |  | $5 \times 0,8 = 4$ |
| | | 3ro |  | $3 \times 0,8 = 2,4$ | | | 3ro |  | $2 \times 1 = 2$ | | | 3ro |  | $4 \times 1 = 4$ |
| | | 2do |  | $1 \times 1 = 1$ | | | 2do |  | $1 \times 1 = 1$ | | | 2do |  | $3 \times 1 = 3$ |
| | | 1ro |  | $0,2 \times 1 = 0,2$ | | | 1ro |  | $0,2 \times 1 = 0,2$ | | | 1ro |  | $1 \times 0,9 = 0,9$ |

Anexo 2

Ficha guía para la metodología del pronóstico de cosecha.

| Pasos a seguir: | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|--|---|---|---|---|---|---|--|---|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <p>1) Identificar los hilos a muestrear. Debe estar en madurez de cosecha y evitarse borduras de los cuadros o cualquier otra situación fuera de estándar. Luego de descartar el metro en contacto con el suelo, se divide el resto del hilo visualmente en cuatro de forma vertical, correspondiendo el 1ro al cuarto cercano al suelo y el 4to al superior. (*) La variedad debe tener disponible la relación de materia seca y evaluación visual que las relacione (para este caso, Nahuel 1, Victoria y Mapuche). Idealmente fotografiar cada hilo para facilitar el paso 2).</p> |  | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>2) Estimar la carga de conos para cada uno de los cuartos. Para ello se adjudica un valor de 1 a 5 según el indicador de estimación de carga de conos de esta ficha y se lo multiplica por el porcentaje que abarca dentro de la columna vegetal, obteniendo la valoración visual de la carga de conos.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Indicadores de estimación de carga de conos:</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"><thead><tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th></tr></thead><tbody><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>$\approx 10\%$ (< 20)</td><td>$\approx 30\%$ (20 - 40)</td><td>$\approx 50\%$ (40 - 60)</td><td>$\approx 70\%$ (60 - 80)</td><td>$\approx 90\%$ (> 80)</td></tr></tbody></table> | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |  |  |  |  |  | $\approx 10\%$ (< 20) | $\approx 30\%$ (20 - 40) | $\approx 50\%$ (40 - 60) | $\approx 70\%$ (60 - 80) | $\approx 90\%$ (> 80) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  |  |  | | | | | | | | | | | | |
| $\approx 10\%$ (< 20) | $\approx 30\%$ (20 - 40) | $\approx 50\%$ (40 - 60) | $\approx 70\%$ (60 - 80) | $\approx 90\%$ (> 80) | | | | | | | | | | | | |
| <p>3) Repetir los pasos 1 y 2 hasta obtener un número de muestras adecuado y representativo de la variabilidad del cuadro.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>4) Promediar las valoraciones visuales de los cuartos. Promediar estos “promedios por cuartos”, obteniendo la valoración visual “promedio para un hilo” y aplicar la ecuación de regresión correspondiente a la variedad muestreada.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>5) Con un muestreo de un 10 % de filas de un cuadro, estimar el número promedio de hilos por fila. Contar las filas por cuadro. Por último, del valor del Peso resultante de la ecuación que representa el peso promedio de un hilo, multiplicar por cantidad de hilos por fila y por filas del cuadro.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | |

Planilla de muestreo:

Variedad: Fecha: Operario:

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|-------------------------|-----------|------------------------|-------------------------|-----------|------------------------|-------------------------|-----------|------------------------|-------------------------|-----------|---|
| Hilo Número: | | | | | | | | | | | | | |
| | Valor del indicador | % Columna vegetal | VV | Valor del indicador | % Columna vegetal | VV | Valor del indicador | % Columna vegetal | VV | Valor del indicador | % Columna vegetal | VV | Promedio V.V. |
| Cuartos | | | | | | | | | | | | | |
| 4to | | | | | | | | | | | | | |
| 3ro | | | | | | | | | | | | | |
| 2do | | | | | | | | | | | | | |
| 1ro | | | | | | | | | | | | | |
| Promedio final para la Ecuación | | | | | | | | | | | | | V.V. Promedio de un hilo |

Anexo 3

Formas que adoptan las distintas variedades de lúpulo

