

Parte III

**LAS ACCIONES HUMANAS Y SUS IMPLICACIONES
EN EL ENTORNO**

Capítulo 15. Estudiando alternativas económicas sustentables para regiones australes y áridas de la Argentina. Cultivo de lúpulo

DANIEL PEREYRA, SANDRA BUCCI, FABIÁN G. SCHOLZ,
AGUSTÍN CAVALLARO, JAVIER ASKENAZI, LUISINA CARBONELL
SILLETA, NADIA ARIAS, Y ANTONELLA BUREK*
GUILLERMO GOLDSTEIN**

Resumen

El lúpulo (*Humulus lupulus* L.) es un ingrediente esencial para la elaboración de la cerveza. De sus flores femeninas reunidas en inflorescencias (conos) se extrae la lupulina, un elemento esencial que aporta el sabor amargo y el aroma característicos de la cerveza. El reciente incremento en la demanda para la producción de lúpulo no sólo en Argentina sino a nivel mundial, como resultado de los cambios en las preferencias de los consumidores de cerveza, ha llevado a la producción de este cultivo a áreas no tradicionales alrededor del mundo (Pearson *et al.* 2016). El estudio se desarrolló en la chara núm. 362 de prácticas de la Escuela N° 773, con orientación en agro y ambiente, 28 de Julio, en Chubut Argentina. Se generó una plantación de cultivo orgánico de lúpulos como actividad sustentable para producción de alimentos libre de agroquímicos manteniendo la conservación y perpetuación de los recursos naturales: agua, aire, suelo y biodiversidad. A través de este emprendimiento se articularon trabajos entre docentes y alumnos de la institución educativa de nivel medio (ciclo básico y superior), investigadores en ecofisiología vegetal de la UNPSJB (GEBEF-INBIOP), productores cervecero regionales y Escuela N° 781 de nivel medio técnica en alimentos, generando trabajos interdisciplinarios durante el proceso de manejo de suelo, manipulación de rizomas, plantas, cosecha e industrialización. Cada una de las etapas fueron estudiadas midiendo variables que influyeron en el desarrollo y producción. El objetivo transver-

* Instituto de Biociencias de la Patagonia (INBIOP)

** Laboratorio de Ecología Funcional, Universidad de Buenos Aires (Argentina).

sal fue estudiar respuestas ecofisiológicas de cultivo orgánico de lúpulo (*Cascade* y *Nugget*) para generar alimentos (cerveza y pan) de valoración regional y participativa. Los resultados sugieren que a través del trabajo articulando los distintos niveles educativos y productores hay una mejor apropiación de la educación agroambiental y oportunidad para la economía local como alternativa en la zona.

Palabras claves: educación transversal, ecofisiología, cultivo lúpulo, Patagonia

Introducción

El lúpulo es un ingrediente esencial para la elaboración de la cerveza. De sus flores, convenientemente secadas, se extrae la lupulina, un elemento esencial que aporta el sabor amargo y el aroma característicos de la cerveza. Además, el lúpulo hace que la espuma de la cerveza sea más estable, ayuda a conservar su frescor y le confiere otras propiedades. Fuera de su uso para la elaboración de la cerveza, sus propiedades medicinales y cosméticas le han hecho ser una planta interesante para el hombre desde la antigüedad; los cultivos se remontan a 4 000 años antes de Cristo. Originalmente, el lúpulo fue una planta que se utilizaba para aromatizar la cerveza. Esta planta de la familia del cáñamo tenía efectos sedantes y antisépticos, siendo valorada su acción contra las bacterias. Además otros de los pueblos de Europa en épocas posteriores la utilizaban por sus propiedades sedantes y antioxidantes, debido a sus componentes psicoactivos, por ser una planta de la familia de los cannabinoides. En la actualidad, se utiliza el ácido del lúpulo —llamado ácidos alfa o ácidos α — por su suave efecto antibiótico contra las bacterias Gram positivas y porque favorece la actividad de la levadura de malteado. Además como la malta es algo dulzona, se equilibra su sabor con el amargor del lúpulo.

Del lúpulo existen diferentes variedades, los lúpulos amargos, como la variedad de *Cascade*, son los que aportan más amargos que aromáticos. En España se cultivan mayoritariamente distintos lúpulos: los de la variedad *Nugget*, *Magnum* y *Columbus* son considerados de categoría mixtos que tienen ambas características, aromáticas y amargas, aunque sin destacar

en ninguna de ellas. Las formas de usar el lúpulo son en fresco, en forma de extracto o concentrado, y en forma de polvo prensado o *pellet*, siendo esta última la que más se utiliza en España y América por la buena conservación de los ácidos alfa y aceites esenciales.

La importancia del contexto histórico y alimenticio es que los lúpulos generan un puntapié inicial como eje transversal, para transitar el futuro a través de la construcción interdisciplinar hacia la educación ambiental y la sustentabilidad, generando un *conocimiento significativo* en el aprendizaje que toma sentido a través de un conjunto de saberes y conocimientos que parten de la interacción del sujeto con su medio Leff (2002). Es así que considerando un eje transversal como el cultivo orgánico de lúpulo se pueden generar interacciones colaborativas entre participantes de una sociedad, para que le permita de manera individual y colectiva, comprender a partir del conocimiento reflexivo y crítico de su realidad biofísica, social, política, económica y cultural, conectando con la realidad Torres (2003).

En el sistema educativo es importante generar estrategias innovadoras que propicien el pensamiento holístico y la visión sistémica del ambiente, por lo que se tiene un argumento para consolidar la educación ambiental como eje establecido por la Secretaría de Ambiente y el Ministerio de Educación de Argentina en 2009. Ambiente hace referencia al enlace entre lo material y lo simbólico, al reconocimiento y apropiación del mundo natural y social. También puede ser entendido como fuente de recursos para el desarrollo del ser humano y como ámbito cultural donde pueda comprenderse la historia, el progreso y la proyección futura. La educación ambiental se incluye como contenido transversal a partir de un posicionamiento de abordaje curricular integrador de las diferentes disciplinas que permitan un análisis crítico del propio ambiente en su globalidad y complejidad. Es importante contar con la participación de seres humanos sensibles, que comprendan que sus acciones diarias impactan, de una u otra manera, en el ambiente natural, cultural y social, por ello, la educación ambiental se fundamenta en la educación en valores. Gordillo, Osorio y López (2000) expresan que la educación se ha considerado tradicionalmente como sinónimo de enseñanza.

Los lineamientos curriculares por niveles educativos para el área de Ciencias Naturales y Educación Ambiental dan la posibilidad de conocer

los procesos físicos, químicos y biológicos y su relación con los procesos culturales. Es relevante reconocer las implicancias y posibilidades que ofrece este enfoque en la visión integradora que contribuye a mejorar el aprendizaje y aumentar el interés de los estudiantes hacia las ciencias, a la vez que se muestra una imagen más amplia y contextualizada del conocimiento científico al modificar la mirada tradicional de las disciplinas como actividades aisladas del contexto social, político, económico, histórico y ético (Solves, Vilches y Gil, 2001). No alcanza con enseñar, desde la naturaleza, utilizándola como recurso educativo, hay que educar para el medio ambiente, hay que presentar y aprender conductas correctas hacia el entorno, no sólo conocerlo. Se trata de un nuevo entendimiento de las relaciones del ser humano con el entorno: la concepción de la naturaleza no como una fuente inagotable de recursos a nuestro servicio, sino como un ecosistema frágil que tiene sus propias exigencias que hay que respetar en nuestro propio interés.

El objetivo transversal fue estudiar respuestas ecofisiológicas de cultivo orgánico de lúpulo (*Cascade* y *Nugget*), para generar alimentos (cerveza y pan) de valoración regional y participativa. A partir de los estudios de cultivos orgánicos se genera un ser humano integral y culturalmente capaz de vivir en armonía con su medio social y, principalmente, con su medio natural. Hoy en día la globalización del mundo requiere de la transformación del sistema educativo, con la proyección de un mundo integrado y no por partes, para aprender a pensar científicamente desde una concepción integradora e interdisciplinar.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en la región del valle inferior del Río Chubut, específicamente, en la localidad de 28 de Julio-Chubut-Argentina, con precipitaciones medias anuales de 200 mm y temperatura media anual 12°C. En el VIRCH, la humedad relativa media es baja, el rocío matinal a partir del mes de febrero es importante con valores que superan el 85%. Se cultivaron dos variedades de lúpulos bajo condiciones controladas de irrigación ubicadas en la chacra de práctica N° 362 de la Escuela N°773, “Tir

Halen”, que en Gales significa tierra salada, en la localidad de 28 de Julio (figura 1). Inicialmente se articuló esta actividad con diversos entes de actividad pública, privada, para generar este eje transversal y a medida que este proyecto comenzó a rodar se fueron diversificando los integrantes apuntalando la actividad. Es así que la participación del Grupo de Estudios Biofísicos y Ecofisiológicos (GEBEF)(INBIOP) de la UNPSJB sede Comodoro Rivadavia, como base del proyecto y gestor de recursos humanos (investigadores), herramientas de medición, acompañamiento técnico para procesos de medición y recursos económicos, a través de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la UNPSJB. Se trabajó de manera conjunta con estudiantes de cátedra de Biología Ambiental de la carrera del Profesorado de Ciencias Biológicas de la UNPSJB sede Trelew, quienes compartían experiencias de manera mutua generando lasos de compañerismo y seguimiento del proyecto. Estos al finalizar a través de su experiencia compartida generaron su propio proyecto interdisciplinario, como trabajo final de cursada. Desde la actividad privada FFERM 369, que en Gales significa Chacra 369, es un cervecero artesanal de la zona, que acompaña con el manejo de la tierra, cuidado de cultivo y la posterior industrialización del lúpulo en cerveza. Por último, la intervención de la Escuela Técnica N° 781, la cual generó pan artesanal regional Gales a través de recetas originales que hoy están en desuso. Durante todo el proceso de trabajo nos encontramos con el acompañamiento de las familias de los alumnos no sólo por el vínculo sino también por su curiosidad. Este proceso de construcción del proyecto interdisciplinar fue acompañado por medición de diversas variables ecofisiológicas en plantas, utilizando estos datos en educación secundaria para ser publicados en Ferias de Ciencias, llegando a obtener menciones especiales a nivel Nacional en el Programa Nacional de Feria de Ciencia y Tecnología 2019. Por otro lado, se generaron publicaciones científicas específicas en el nivel superior. La globalización del mundo requiere de la transformación del sistema educativo, para facilitar una interconexión que refleje la realidad, con la proyección de un mundo integrado, para aprender a pensar científicamente desde una concepción integradora e interdisciplinar (Henaó y Sánchez, 2019).

FIGURA 1. (a) En el mapa marca la ubicación del lugar en estudio y (b) parcela de trabajo



Las variedades a estudiar, *Cascade* y *Nugget*, fueron seleccionadas de acuerdo a la información general existente en relación a sus cualidades de resistencia y composición química de lupulina. Se realizaron estudios bajo tratamientos de riego con nutrientes orgánicos para determinar la dinámica ecofisiológica de las variedades en estudio. Se realizaron mediciones de manera progresiva y articulada con el nivel educativo medio y superior, durante el desarrollo vegetativo de las especies en estudio. Para el análisis estadístico se usará un análisis de varianza (ANOVA) de tres vías, con el fin de evaluar la existencia de diferencias significativas entre variedades. Las respuestas fisiológicas y químicas de cada variedad a los diferentes tratamientos de irrigación fueron analizadas para determinar su distribución normal usando el método de Kolmogorov-Smirnov y una ANOVA de una vía para evaluar las diferencias entre los tratamientos. Se realizaron mediciones de variables como:

Determinación de las propiedades fisicoquímicas del suelo

Se realizaron análisis de suelo como pH, salinidad, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, potasio intercambiable y determinación de macro y micro nutrientes. Se utilizaron para el contenido volumétrico de agua sondas ECH₂O (figura 2) en los primeros 20 cm de suelo, donde se sembraron las dos variedades de lúpulo.

FIGURA 2. *Medición de humedad de suelo con sondas ECH₂O*



Medición de crecimiento

Se realizó un seguimiento fenológico continuo para las dos variedades de lúpulo desde su plantación hasta la cosecha de agosto 2018 a febrero 2019 (figura 3), observaciones fenológicas permitieron determinar las fases de crecimiento (Bertiller, 1991).

FIGURA 3. *Inicio de mediciones de crecimiento y fenología de lúpulos*



Determinación de potencial hídrico

Para determinar el potencial hídrico debemos tener en cuenta, que es la capacidad de las moléculas de agua para moverse en un sistema particular dependiendo de su energía libre. La magnitud más empleada para expresar y medir el estado de energía libre del agua es el potencial hídrico Ψ . Cuando la sustancia considerada es el agua, el potencial químico se denomina Potencial Agua compuesto:

$$\Psi_w = \Psi_p + \Psi_s + \Psi_m$$

Considerando que para Ψ_p : *potencial de pared*; expresa la reacción de la pared a la entrada y salida de agua; aumenta la energía libre del agua y su valor es positivo. Ψ_s : Potencial de soluto, o potencial osmótico; expresa el efecto de los solutos en la solución vacuolar, disminuye la energía libre del agua, su valor es negativo. Ψ_m : *potencial mátrico*; expresa el efecto de retención de agua por los coloides celulares, la energía libre del agua celular disminuye, su valor es negativo. El potencial mátrico adquiere fundamental importancia en el proceso de imbibición, en el cual las sustancias coloidales cargadas eléctricamente fijan agua o iones en su superficie. Los Ψ_p y Ψ_s tienen importancia en la absorción y pérdida de agua por parte de la planta. La diferencia entre la entrada y la salida de agua en la planta se conoce como balance hídrico de la planta (absorción-transpiración).

El potencial hídrico de las especies seleccionadas se midió ($n = 10$) simultáneamente para las dos variedades de lúpulos. Se medirá al amanecer (\square_{\max}) (potencial hídrico máximo) y al mediodía (\square_{\min}) (potencial hídrico mínimo), utilizando una cámara de presión del tipo Scholander de rango 0-10 MPa (PMS, Corvallis) (véanse figuras 4 [a] y [b]). La cámara de presión mide la presión hidrostática negativa (tensión) que existe en el xilema de muchas plantas. Se asume que el potencial hídrico del xilema es muy cercano al potencial hídrico promedio de todo el órgano. En esta técnica, corta una sección de rama, se introduce en una cámara de presión sellada, se aplica una presión con N_2 comprimido, hasta que el agua en el xilema aparece de nuevo en la superficie cortada (véanse figuras 4 [c] y [d]), en ese momento se toma nota la presión correspondiente (MPa).

FIGURA 4. (a) y (b) Cámara de presión Scholander utilizada para medir potencial hídrico, (c) detalle de observación de la columna de agua de la sección de tallo, (d) gráfica ilustrativa de medición del potencial hídrico



Densidad de madera y lamina foliar

La densidad depende del tamaño de los vasos y de la cantidad de los mismos, del espesor de la pared, del diámetro de las fibras y de la composición química de la madera. La medición de la densidad básica de forma directa por impregnación, es decir, midiendo peso seco y volumen verde para determinar la densidad, se calcula con la fórmula:

$$\rho = m / V$$

donde ρ es la densidad (g cm^{-3}), m es la masa seca (g) y V es el volumen fresco. La densidad de masa de madera fue calculada como la masa de la muestra dividida por su volumen. El volumen fue determinado sumergiendo la muestra fresca en un contenedor con agua destilada colocándolo sobre una balanza digital con 0.001 g de precisión, y la masa fue determinada como el peso seco de la muestra (véase figura 5). De igual manera que se calcula la densidad de madera, también se calcula la densidad de hoja. En este caso se utilizaron muestras de tallos y hojas de las dos especies de lúpulos, $n = 10$.

FIGURA 5. Determinación de densidad de madera y hoja en el galpón de prácticas



Determinación de conductividad hidráulica en tallos

La conductividad hidráulica es una medida de su capacidad de conducir agua. Esta propiedad está intrínsecamente ligada a la capacidad de la planta de abastecer de agua a los tejidos fotosintéticos, por lo que tiene relación directa con la posibilidad de mantener los estomas abiertos y fijar C (Hubbard *et al.*, 2001). En especies leñosas, en las que el agua se conduce por una vasta red de elementos de conducción, la resistencia (inversa de la conductancia) de los tejidos al transporte de agua constituye un elemento clave para comprender su comportamiento productivo y ecológico frente a distintas condiciones ambientales. Partiendo de la Ecuación de Darcy, refleja la permeabilidad de un medio poroso. La expresión matemática es la siguiente:

$$K = \frac{ql\eta}{A \Delta\Psi}$$

Donde *K* es la permeabilidad en relación al área transversal (*A*) y largo (*l*), *q* es el flujo del líquido que pasa por el tejido y que posee una viscosidad conocida (*η*) bajo un gradiente de presión (*ΔΨ*). Este es el modelo que se aplica para la medición de la permeabilidad del xilema, utilizando diversos factores para estandarizar la medición. Un mayor detalle se puede leer en el trabajo de Edwards y Jarvis (1982).

Es así, que se pudo estimar la Conductividad hidráulica (*k* o *kh*) siendo la cantidad (volumen) de agua que atraviesa un segmento de longitud *l*

por unidad de tiempo y de diferencia de potencial entre los extremos del mismo (ΔP). El volumen por unidad de tiempo es igual al flujo Q , por lo tanto, k se calcula con base en la siguiente ecuación:

$$k = \frac{Ql}{\Delta P} \text{ [kg s}^{-1}\text{m MPa}^{-1}\text{]}$$

Para dicho modelo se tomaron ramas de las dos especies de lúpulos con un $n=6$ para cada uno de ellos. A partir de los datos obtenidos, finalmente, obtenemos conductividad hidráulica específica (k_s) es igual a k estandarizada por la sección transversal del segmento conductivo A_s (área transversal de xilema activo). En el caso particular de la conductividad hidráulica específica localizada, A_s corresponde al área interna de la aguja que se inserta en la madera; k_s es una variable que permite comparar la capacidad conductiva de distintas partes de una planta o bien de distintos individuos, brindando información acerca de una propiedad de la madera (tejido de conducción) de los mismos independientemente del tamaño considerado. Se calcula como:

$$k_s = \frac{Ql}{A_s \Delta P} \text{ [kg s}^{-1}\text{m}^{-1}\text{ MPa}^{-1}\text{]}$$

Para dichas mediciones se montó el siguiente dispositivo (véase figura 6), la conductividad hidráulica de tallos, una medida de la eficiencia en el transporte de agua será determinada durante la estación de crecimiento tal como está explicado en Bucci (2012).

FIGURA 6. Dispositivo para medición de conductividad hidráulica realizado en lúpulo



Determinación de las propiedades químicas de la floración

Se enviaron conos (figura 7) de las dos variedades lúpulo para análisis químicos a IPATEC-CONICET Bariloche.

FIGURA 7. Cono de flor (a) Cascade (b) Nugget



Resultados y discusión

Se pudo medir el porcentaje de agua en el suelo (tabla 1), de manera manual con las sondas ECH₂O obteniendo los siguientes resultados que fueron procesados en el aula, incorporando dentro de su planificación curricular las propiedades del agua y, de fundamental importancia, a los seres vivos vinculándolos directamente en la producción de lúpulo.

TABLA 1. Muestra el porcentaje de humedad de suelo en el que se sembraron las variedades de lúpulo

	% de agua en el suelo
Cascade	38
Nugget	38

Ambas variedades presentan el mismo porcentaje de humedad en el suelo durante el estudio; las que fueron controladas para observar su rendimiento en iguales condiciones hídricas. En cuanto al suelo considerado de clase 3, se pudo determinar los requerimos nutricionales (macro y micro nutrientes) esenciales para el cultivo.

El crecimiento alcanzado durante el periodo de estudio para las variedades de lúpulos (tabla 2) no sólo determina valores cuantitativos del crecimiento, sino también cualitativos de la fenología con observaciones constantes.

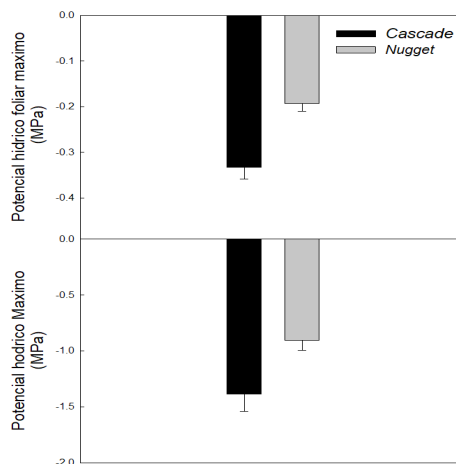
TABLA 2. Muestra el crecimiento fenológico en % de las variedades

	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Cascade	10%	30%	50%	60%	70%
Nugget	5%	30%	50%	80%	100%

El crecimiento incrementa en la primera etapa en la variedad *Cascade*, pero hacia el final de la etapa de madurez, *Nugget* alcanza mayor desarrollo.

En los potenciales hídricos máximos y mínimos (véase figura 8), para las especies de estudio, no sólo pudieron observarse de manera práctica el esfuerzo y gasto de energía que realiza una planta para levantar una columna de agua desde el suelo hacia la atmosfera, sino que también analizamos las variables climáticas diarias que pueden modificar esa tensión, como así articulamos con propiedades físicoquímicas del agua para dicho movimiento a través de la planta.

FIGURA 8. Potenciales máximos (antes de amanecer) y mínimos (medio día) para variedades de *Cascade* (barras negras) y *Nugget* (barras grises)



Los potenciales hídricos foliares máximos y mínimos presentan valores más cercanos a cero en variedad *Nugget*, por lo que hídricamente se encuentra en mejores condiciones.

En cuanto a la determinación de densidad de madera y contenido saturado (véase figura 9), de manera práctica, visualizamos con los alumnos la composición de la madera, realizando cortes y observación de vasos conductores xilema y floema, por lo que también pudimos determinar con la teoría la importancia de la glucosa y las plantas como los procesos metabólicos que generan para su funcionamiento. El considerar la densidad de madera y hojas nos determina qué tan rígidas y elásticas pueden ser para tolerar variaciones climáticas y problemas de cavitaciones.

No presentan diferencias significativas. En densidad de madera presentaron valores de 0.3 a 0.33, en contenido saturado de agua *Nugget* y *Cascade* tiene un 250%.

La densidad de lámina foliar y contenido saturado de agua (figura 10).

La densidad de lámina foliar no presentó diferencias significativas, pero si se encontró diferencias en el contenido de agua: Cascade 25% y *Nugget* 200%.

La conductividad hidráulica específica (véase figura 11) nos permitió ver, de manera directa, la velocidad del flujo de agua por el xilema en una sección de tallo de lúpulo.

Nugget presenta mayor conductividad hidráulica específica de 500 Ks

FIGURA 9. Densidad de madera (cm³) y contenido de agua (%) para *Cascade* y *Nugget*

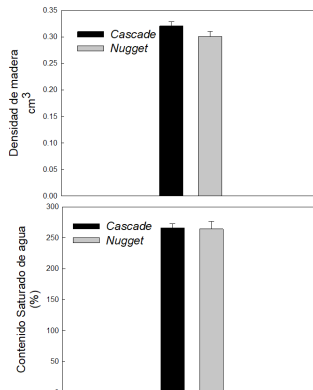


FIGURA 10. Densidad de lámina foliar (cm^3) y contenido saturado de agua (%) para Cascade (barras negras) y Nugget (Barras grises)

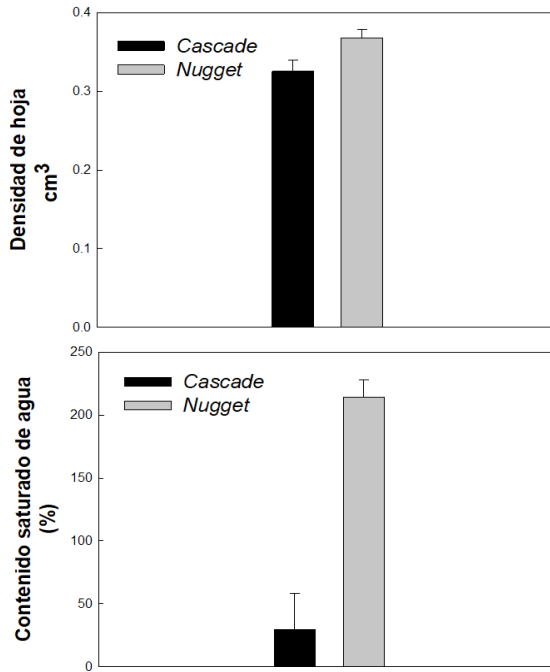
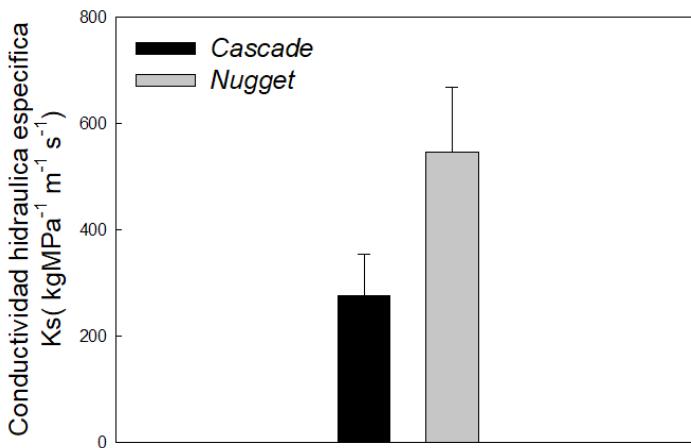


FIGURA 11. Conductividad hidráulica específica (K_s) determinada en Cascade (barras negras) y Nugget (barras grises)



($\text{kgMPa}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$), mientras que *Cascade* tiene una conductividad hidráulica específica de 250 Ks ($\text{kgMPa}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$).

Se realizaron mediciones químicas en conos de las variedades en estudio para determinar su rendimiento en la industrialización del producto, que es de suma importancia para el productor de cerveza artesanal y determinación de cantidades para su cocción.

TABLA 3. *Análisis químicos para determinación de Alfa y Beta ácidos y humedad para Cascade y Nugget*

<i>Espectrofotometría</i>			
Cascade	<i>Análisis</i>	<i>Resultados</i>	<i>Unidad</i>
	Alfa ácidos	3.5	%
	Beta ácidos	4.2	%
	HSI	0.2	–
<i>Físico</i>			
	<i>Análisis</i>	<i>Resultados</i>	<i>Unidad</i>
	Humedad	36.9	%
<i>Espectrofotometría</i>			
Nugget	<i>Análisis</i>	<i>Resultados</i>	<i>Unidad</i>
	Alfa ácidos	3.5	%
	Beta ácidos	1.5	%
	HSI	0.23	–
<i>Físico</i>			
	<i>Análisis</i>	<i>Resultados</i>	<i>Unidad</i>
	Humedad	55	%

Al finalizar la cosecha se puso en marcha los procesos de elaboración de cerveza y pan, con las dos variedades de lúpulos cosechadas generando resultados óptimos en ambos casos, acompañando a los alumnos en este proceso de producción (véase figura 12).

FIGURA 12. (a) y (b) muestran los procesos de elaboración de cerveza artesanal y (c) y (d) elaboración de pan gales a base de levadura de lúpulos



Conclusiones

La dinámica del mundo de hoy requiere una transformación del sistema educativo tanto de nivel medio como superior, para facilitar la conexión con la realidad proyectando un mundo integrado, aprendiendo a pensar científicamente con una mirada integradora multidisciplinar, en la que se puedan plasmar las actividades prácticas y teóricas a través de un eje transversal. En este caso particular, se generaron resultados evidentes a los estudios realizados considerando la articulación de contenidos curriculares a nivel secundario, en el que puedan construir el pensamiento desde lo teórico y práctico, dando resultados de procesamientos, de pensamiento más complejos y profundos; por lo que concluimos, con base en el estudio, que el mejor comportamiento hidráulico es la variedad *Nugget*, ya que presenta potenciales hídricos más bajos y mayor conductividad hidráulica para el transporte de agua, aunque no presentan diferencias significativas para densidad de madera y lamina foliar. Es así que consideramos que esta variedad presenta adaptaciones metabólicas más eficientes para su desarrollo y floración, considerando que es posible generar procesos productivos de esta variedad de lúpulo en nuestra zona árida y austral. Estos resultados son esenciales para la identificación de cultivos óptimos, para la región generadora de actividad económica sustentable productiva, incluso, una

valoración del producto regional local, como cerveza y pan, que dieron resultados óptimos al momento de la elaboración, pudiendo generar una atracción más al turista. Pero a nivel de EA se puede destacar la sensibilización de lo natural a través del manejo del suelo sin agro tóxicos y acompañamiento del desarrollo de las plantas, reconociendo de manera interna integral su funcionamiento con los estímulos del ambiente circundante.

Bibliografía

- Bertiller, M.B., Beeskow, A.M. y Coronato, F. (1991) Seasonal Environmental Variation and Plantphenology in Arid Patagonia (Argentina). *Journal of Arid Environ*, 21(1), 1-11. [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(18\)30722-5](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(18)30722-5)
- Bucci, S.J., Scholz, F.G., Campanello, P.I., Montti L., Jiménez M., LaManna, L., Rockwell, A., Guerra P., Lopez-Bernal, P., Troncoso, O., Enricci, J., Holbrook, N.M. y Goldstein, G. (2012). Hydraulic Differences along the Water Transport System of South American Nothofagus Species: Do Leaves Protect the Stem Functionality? *Tree Physiology*, 32, 880-893.
- González, F. (1999). Producción de conocimiento e identificación de la problemática ambiental, en relación al horizonte dado por el uso de los conceptos de modernidad y posmodernidad. *Ambiente y Desarrollo Revista de Educación y Cultura*, 43, 21-53.
- Gordillo, M., Hoyos, C. y López, J.A. (2000). *La educación en valores a través de CTS*. Foro Iberoamericano sobre Educación en Valores. <https://www.oei.es/historico/salactsi/mgordillo.htm>
- Henao Hueso, O. y Sánchez Arce, L. (2019). La educación ambiental desde la interdisciplinariedad en la Educación Básica Secundaria. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(1), 17-25. <https://aes.ucf.edu.cu/index>
- Leff, E. (2002). *Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder*. México: Siglo XXI Editores.
- Sobles, J., Vilches, A. y Gil, D. (2001). Papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias. En Membiela (ed.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad*. Formación científica para la ciudadanía (pp. 221-231). Madrid: Narcea.