

## Tasa respiratoria de arándanos en condiciones aeróbicas. Influencia varietal y modelización

*Roberto A. Varela; Carlos I. Vidal; Anibal Larrocca; Clara García; Nicolas Albornoz*

Autores: Grupo de estudio del Laboratorio de Industria de Frutas y Hortalizas de la Facultad de Ciencias de la Alimentación. Universidad Nacional de Entre Ríos. Monseñor Tavella 1450 - Concordia

Contacto: [roberto.varela@uner.edu.ar](mailto:roberto.varela@uner.edu.ar)

### Resumen

La velocidad de respiración (VR) y el coeficiente respiratorio (CR) de las frutas son de los factores intrínsecos más importantes asociados a la conservación en la poscosecha de frutas. Su conocimiento es una herramienta importante para predecir el comportamiento de las mismas durante su vida comercial. Los arándanos (*Vaccinium Corymbosum*) son clasificados como fruta moderadamente percedera y durante la postcosecha exigen un correcto manejo de la temperatura para garantizar una buena vida de mostrador. Es conocido que la VR y el CR están influenciados por la temperatura. Es por ello que se estudiaron a 4 temperaturas (0°C, 5°C, 15°C y 20°C) de las variedades Snowchaser, Kestrel, Springhigh, San Joaquin, Ventura y Emerald. Se presentan junto al estudio los valores de: sólidos solubles, acidez, y compresión de estas variedades. Los resultados permiten conocer cómo varía el comportamiento con las temporadas, proponer órdenes de cosecha en función de la respiración y el comportamiento de estas variedades en viaje simulado en barco a 30 días.

## Marco teórico

La respiración de frutas y hortalizas puede ser definida como el proceso metabólico que provee energía para los procesos bioquímicos que sostienen la vida de las plantas (Kays, 1991). Los vegetales tienen un sistema de espacios aéreos intercelulares continuos entre las células y las lenticelas e intercambian los gases a través de ese espacio. La degradación oxidativa de reservas orgánicas tales como azúcares, ácidos y lípidos en las células son transformados en piruvato y dentro de las mitocondrias en Acetil CoA para luego ingresar en el Ciclo de Krebs, produciendo agua y dióxido de carbono y entregando energía al sistema formando ATP (Barceló, 2003). El consumo de oxígeno y la producción de CO<sub>2</sub> están relacionados en función del sustrato oxidado. A su vez la velocidad de consumo de oxígeno o producción de CO<sub>2</sub> depende de varios factores siendo la temperatura el factor externo de mayor influencia sobre la respiración. La importancia de la velocidad de respiración (VR) o tasa respiratoria (TR) medida como velocidad de consumo de O<sub>2</sub> o producción de CO<sub>2</sub> en mg/ h y kilogramo de producto, reside en la relación inversa que existe entre respiración y vida comercial de un vegetal, esto es a mayor velocidad de respiración, menor será la vida de esa fruta u hortaliza (Kays, 1991). Otra relación importante es el cociente respiratorio (CR) que se define como la relación entre el volumen de CO<sub>2</sub> producido y el volumen de O<sub>2</sub> consumido durante el ciclo respiratorio. Los factores que influyen sobre la VR son la temperatura de almacenamiento, composición de los gases que lo rodean, variedad y madurez. Los valores de CR en los productos frescos varían entre 0,7 y 1,3 en respiración aeróbica y su valor depende del sustrato que se consume. Tanto (Kader, 1989) y (Randolph M. Beaudry, 1992) determinaron un valor de 1,3 en el CR de arándanos por su alto contenido en ácido cítrico y azúcares. Muy altos valores de CR o cambios repentinos en este cociente indican cambios de mecanismos en el ciclo de respiración. La velocidad de las reacciones biológicas se incrementan de dos a tres veces con el aumento de 10°C en el rango de temperaturas utilizadas a lo largo de las cadenas de distribución y venta de frutas y hortalizas (Burzo, 1980), (Zagory & Kader, 1988). A temperaturas elevadas puede ocurrir una desnaturalización de las enzimas con una consecuente disminución de las tasas respiratorias. Por otra parte, si las temperaturas son demasiado bajas pero por sobre el punto de congelación, pueden ocurrir daños fisiológicos lo que lleva a un incremento en las TR (Fidler, 1967). Otros factores externos son las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> que rodean al fruto. Está reportado que la respiración disminuye cuando decrece la disponibilidad de oxígeno y como consecuencia se presenta una reducción de la actividad metabólica en general (Kader, 1987), (Smock, 1979), (Solomos, 1989), (Isenberg, 1979). Dicha reducción en la VR como respuesta a bajos niveles de oxígeno no se debe a una baja en la actividad de la enzima citocromo-oxidasa, cuyo nivel de afinidad con el oxígeno es muy grande sino a una caída en la actividad de otras oxidasas tales como poli fenoloxidasas, ácido ascórbico oxidasa y ácido glicólico-oxidasa de menor afinidad por el oxígeno (Kader, 1986). Se han observado diversos patrones de respuesta de la respiración a altas concentraciones de CO<sub>2</sub>. En el caso de arándanos (Randolph M. Beaudry, 1992) verificaron que la respiración fue mínimamente afectada con niveles de CO<sub>2</sub> por debajo de 20 kPa. Diferentes tiempos de exposición a atmósferas con diferentes concentraciones de CO<sub>2</sub> pueden producir diferentes resultados dependiendo de la influencia del CO<sub>2</sub> sobre dicho producto (Peppelenbos & Leven, 1996). La idea de la inhibición respiratoria por CO<sub>2</sub> fue sustentada en principio por una explicación simple; que el CO<sub>2</sub> era un producto del proceso de respiración y que causaba inhibición por retroalimentación al sistema. (Herner, 1987), (Wolfe, 1980). Otra hipótesis consideraba que el CO<sub>2</sub> poseía un fuerte efecto sobre la actividad mitocondrial, incluyendo la oxidación del citrato y succinato. Fue así que (Kader, 1989) consideró que elevados valores de CO<sub>2</sub> podrían afectar los intermediarios y enzimas del ciclo de Krebs. Otros investigadores propusieron que el CO<sub>2</sub> podría inhibir la producción de etileno antes que tener un efecto directo sobre el proceso respiratorio. Esto podría explicar por ejemplo los reportes de la influencia del CO<sub>2</sub> sólo sobre productos que producen etileno (Kubo, Inaba, & Nakamura, 1989). Por otra parte el incremento en la TR puede ser

explicado debido a daños producidos por el CO<sub>2</sub> en los tejidos que es concordante con el incremento en la producción de etileno. Otra posible explicación del aumento de la TR inducido por el CO<sub>2</sub>, es el aumento de azúcares en las células expuestas a altas concentraciones del mismo (B. S. Meyer, 1973).

(Randolph M. Beaudry, 1992) observó que el CR de arándanos depende tanto de la concentración de oxígeno de equilibrio en el envase como de la temperatura de almacenamiento. Excepto a 0°C, el CR aumenta a medida que la concentración de O<sub>2</sub> de equilibrio se aproxima a cero para todas las temperaturas experimentadas. El valor de CR de ruptura (la más baja concentración de oxígeno que no induce una respiración anaeróbica) aumenta con la temperatura. Por último determinaron que a concentraciones aeróbicas (O<sub>2</sub>=21%) el valor del CR era igual a 1,3 para todas las temperaturas. La modelización de la TR es una propuesta deseable y controversial como muestran los trabajos de (Yang & Chinnan, 1988) (Cameron, Boylan-Pett, & Lee, 1989) (Talasila, Chau, & Brecht, 1992), (D. S. Lee, Hagggar, Lee, & Yam, 1991). Inicialmente se utilizará este último y con los valores obtenidos de los ensayos se comprobarán y discutirán otras propuestas. El modelo está basado en la ecuación de Michaelis-Menten que asume una reacción enzimática limitante donde el O<sub>2</sub> es el sustrato. Luego los parámetros de estos modelos son adecuadamente ajustados para diferentes temperaturas basados en interpolaciones lineales o usando la relación de Arrhenius (Lakakul, Beaudry, & Hernandez, 1999), (Hertog, Peppelenbos, Evelo, & Tijskens, 1998).

Las constantes de este modelo (Eq. 1) no son los parámetros reales de Michaelis-Menten sino que son constantes aparentes que incorporan la influencia de todos los procesos que involucran al O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. Ambas constantes dependen de la temperatura. (Fonseca, Oliveira, & Brecht, 2002).

La ecuación del modelo es la siguiente:

$$VR_{O_2} = \frac{V_m [O_2]}{K_m + (1 + [CO_2]/K_i)[O_2]} \quad \text{Eq.1}$$

Donde

$VR_{O_2}$  = VR expresada como consumo de O<sub>2</sub> por unidad de tiempo y peso fruto o CO<sub>2</sub> liberado por unidad de tiempo y peso de fruta

$V_m$  es la máxima velocidad de respiración

$K_m$  Constante de disociación del complejo sustrato-enzima o la concentración correspondiente a la mitad de la máxima velocidad respiratoria

$K_i$  Constante de inhibición

La ecuación en su forma linealizada es:

$$\frac{1}{VR_{O_2}} = \frac{1}{V_m} + \frac{K_m}{V_m} \frac{1}{[O_2]} + \frac{1}{K_i V_m} [CO_2] \quad \text{Eq. 2}$$

Este modelo fue utilizado por varios investigadores en la determinación de VR en arándanos. (Y. Song, H. K. Kim, & K. L. Yam, 1992) determinaron la TR en función de las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> y las temperaturas de las variedades Coville, Blueray y Jersey. Concluyeron que el modelo predictivo cinético enzimático de respiración basado en la inhibición no competitiva del CO<sub>2</sub> ajusta muy bien y en general la VR decrece con el incremento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y encontraron efectos poco significativos con los cambios de concentración de O<sub>2</sub>. Concluyeron asimismo que la variedad Coville posee el valor más alto de VR seguido por Blueray y Jersey y que la dependencia de la respiración con la temperatura correlaciona con la ecuación de Arrhenius. En relación a los sistemas de medición de las TR, los métodos usuales de determinación son:

- Sistema estático o cerrado
- Sistema de soplado o flujo a través
- Sistema de permeabilidad

El sistema cerrado lo constituye un recipiente perfectamente estanco que contiene aire ambiente y el producto (Cameron et al., 1989), (Fishman, Rodov, & Ben-Yehoshua, 1996), (Gong & Corey, 1994), (D. S. Lee et al., 1991), (Gilbert & Henig, 1975), (Jacxsens, Devlieghere, & Debevere, 1999) (C. Maneerat, 1997), (Ratti, Raghavan, & Gariépy, 1996), (Yoonseok Song, Hyun Ku Kim, & Kit L. Yam, 1992). En este sistema se miden los cambios en las concentraciones de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> a lo largo de un determinado período de tiempo hasta la estabilidad de los valores y luego con estos valores se calcula la VR.

En el método de flujo a través, se coloca el producto en un recipiente cerrado y acondicionado para que una corriente constante de gases lo atraviesen a velocidad también constante (Fidler, 1967), (D. S. Lee et al., 1991), (McLaughlin & O'Beirne, 1999), (Smyth, Song, & Cameron, 1998), (Talasila et al., 1992). La velocidad de respiración se calcula con las diferencias absolutas en las concentraciones de entrada y salida de los gases cuando estas alcanzan el equilibrio.

El sistema de permeabilidad consiste en llenar con producto un recipiente de dimensiones y permeabilidad conocida (Beaudry, 1993), (Randolph M. Beaudry, 1992), (Joles, Cameron, Shirazi, Petracek, & Beaudry, 1994), (Lakakul et al., 1999), (Dong Sun Lee, Song, & Yam, 1996), (Piergiovanni, Fava, & Ceriani, 1999), (Smyth et al., 1998), (Talasila, Cameron, & Joles, 1994). Se determinan las concentraciones de equilibrio del O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> y mediante balances de masas del sistema se determinan las velocidades de respiración.

Existen limitaciones en la aplicación de todos estos métodos (Beaudry, 1993), (Talasila et al., 1994), (J. P. C. Emond, K. V. ; Brecht, J. K., 1993), (J. P. Emond, 1992), (Dong Sun Lee et al., 1996). En el método cerrado es difícil medir con exactitud el volumen de gas (volumen libre). También el consumo de O<sub>2</sub> y la producción de CO<sub>2</sub> dentro del recipiente puede afectar la VR. A los efectos de determinar los períodos de tiempo entre mediciones es importante considerar dos aspectos: por un lado las diferencias de concentraciones entre medidas debe ser de una magnitud tal que sus valores sean mensurados con precisión. Por otra parte, la modificación en las concentraciones de la atmósfera dentro del recipiente deben ser lo más pequeñas posibles para que su incidencia en las VR sea mínima (Fonseca et al., 2002). (Talasila, 1992) propuso un método para determinar el período de tiempo basado en la precisión del equipo de medición de gases. Para modelizar la influencia de las concentraciones de gases, se toma la concentración inicial o el promedio entre el valor inicial y final del gas medido y asociado con la VR.

En este trabajo eminentemente experimental se busca determinar el comportamiento post cosecha de nuevas variedades comerciales de arándano de nuestra región en función de la respiración de los mismos que no ha sido abordado en trabajos científicos o bibliografía internacional.

La importancia del estudio radica en poder ajustar los parámetros de temperatura/respiración en conservación de manera de poder ofrecer la mayor y mejor calidad de producto en su vida comercial (Shelf life). La modelización del comportamiento a partir de los datos obtenidos en los ensayos permitirá estimar cuales son los límites de las variables de control del proceso que afectan la vida post cosecha de la fruta.

## Objetivos

- Determinar las tasas respiratorias a diferentes temperaturas y con diferentes estadios de madurez de las variedades *Emerald*, *Snowchaser*, *Farthing* y *San Joaquin* de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.)
- Analizar los datos experimentales y su relación con variaciones en mediciones físicas y químicas en los arándanos.
- Comparar los datos experimentales con los resultados de modelos establecidos y de ser necesario corregir o proponer nuevos modelos para nuestro caso.

## Cumplimiento de los objetivos

Los objetivos se cumplieron y se sumaron otras variedades a las propuestas inicialmente. Se efectuó el análisis de resultados y se obtuvieron datos de aplicación inmediata a la producción. En cuanto a la comparación con modelos teóricos, se observó que las diferencias de comportamiento de los frutos con el tiempo e influencias externas no permite predecir su comportamiento por medio de ecuaciones con los datos disponibles. Los modelos propuestos funcionan para las circunstancias de un ensayo pero no para generalizaciones.

## Metodología

**Materias Primas:** arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.), de las variedades Emerald, Snowchaser, Farthing y San Joaquín provenientes de empresas de la zona. El grado de madurez de los mismos al momento de su cosecha será caracterizado por poseer el 90% de su superficie de color azul y el 10% restante de color rosado y 100% azul. Se utilizó como guía el método descrito por (Zapata, 2010) modificado en función del objetivo del trabajo. En el laboratorio se seleccionaron aleatoriamente por calibre y por peso. Los arándanos corresponden a una calidad comercial y exportable. Las muestras para las determinaciones de velocidad de respiración serán de 100 gramos, realizándose tres réplicas por cada temperatura.

Análisis Físico-químicos: a los efectos de caracterizar y relacionar el criterio de madurez utilizado con parámetros fisicoquímicos se realizarán las siguientes determinaciones. Grados brix por medio refractométrico. Acidez por titulación potenciométrica. pH con peachímetro. Firmeza estructural del fruto con texturómetro.

Mediciones de la respiración en sistema cerrado: con el fin de realizar las mediciones se construirán recipiente cúbico y estanco de acrílico de un volumen de 1 litro, denominado respirómetro, provisto de un septum de polipropileno para toma de muestra del gas. Los ensayos se realizaron a temperaturas de 0, 5, 15, 20 °C.

Para la termo-estabilización de las muestras se dispuso de los equipos adecuados. Se dispuso de 3 cabinas para lograr las temperaturas de equilibrio y la de 20°C termostalizando el laboratorio. La muestra de fruta fue de calibres homogéneos y 100 gr. de peso. Una vez que las muestras alcanzaron la temperatura de equilibrio para el ensayo se comenzó. Una vez alcanzados los valores, se cerró el recipiente. Comienzan las mediciones de concentración de O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> hasta la estabilidad de las medidas y finalizan cuando la concentración de O<sub>2</sub> llega a 18%. Las mismas se realizan con un equipo marca Dansensor, modelo Checkmate 3 que posee un sensor de oxígeno de zirconio y un sensor infrarrojo de CO<sub>2</sub>. El rango de medición simultánea del equipo es de 0-100% tanto para el O<sub>2</sub> como para el CO<sub>2</sub>. Durante la medición se inserta la aguja del equipo a través del septum del respirómetro. Se adoptará el método de medida en función de cada experimento. Las ecuaciones a utilizar para la determinación experimental de las VR son:

$$VR_{O_2} = \frac{(y_{O_2}^{t_i} - y_{O_2}^{t_f}) * V}{100 * M * (t_f - t_i)}$$

$$VR_{CO_2} = \frac{(y_{CO_2}^{t_i} - y_{CO_2}^{t_f}) * V}{100 * M * (t_f - t_i)}$$

Donde:

$VR_{O_2}$ : Velocidad de respiración medida en ml O<sub>2</sub>\* kg<sup>-1</sup> \* h<sup>-1</sup>.

$VR_{CO_2}$ : Velocidad de respiración medida en  $ml\ CO_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ .  
 $(y_{O_2}^{t_i} - y_{O_2}^{t_f})$ : Concentraciones de Oxígeno a los tiempos  $t_i$  y  $t_f$ .  
 $(t_f - t_i)$ : Tiempo transcurrido entre dos mediciones de concentraciones.  
 V: Volumen libre del respirómetro en ml.  
 M: Peso de la muestra de fruta en kg.

Modelización de los valores experimentales: para la obtención de los parámetros del modelo ( $V_m$ ,  $K_m$  y  $K_i$ ) a una temperatura determinada de las frutas sometidas a ensayo se utilizarán las ecuaciones de Michaelis-Menten modificada

$$VR_{O_2} = \frac{V_m [O_2]}{K_{mO_2} + (1 + [CO_2]/K_i)[O_2]}$$

$$VR_{CO_2} = \frac{V_m [O_2]}{K_{mCO_2} + (1 + [CO_2]/K_i)[O_2]}$$

Para determinar la dependencia de las VR con las temperaturas se utilizará la ecuación de Arrhenius.

$$V_m = V_p e^{\frac{-E_a}{RT}}$$

Donde:

$V_m$  : es la velocidad de respiración medida

$V_p$  : es la velocidad de respiración calculada

$-E_a$  : es la energía de activación que relaciona la dependencia de  $V_m$  con  $T$ .

$T$ : Temperatura en °K

$R$ : Constante universal de los gases

### Toma de muestras:

Se realizó la toma de muestras en los mismos lotes durante las 3 (tres) temporadas y se las trasladó al laboratorio para los ensayos. Las mismas se tomaron en la firma Gramm Agropecuaria SA, ubicada en la zona de La Criolla, Concordia, Entre Ríos. Las muestras se tomaron aleatoriamente a lo largo de la línea de plantación. Los agrónomos consultados coincidieron en que el suelo típico de la zona es el franco-arenoso y que los lotes 16, 17, 18,19, 22 y 23 cumplían con ese requisito.

## Resultados alcanzados, discusión y conclusiones

### Tasa respiratoria de los arándanos

La respiración como evolución de consumo de  $O_2$  y producción de  $CO_2$  de cada variedad a diferentes temperaturas se presentan en las figuras 1 a 6. Luego, el comportamiento de cada una de las variedades a lo largo de las tres temporadas a las temperaturas de 0, 5, 15 y 20°C. Los valores de respiración están expresados como producción de  $CO_2$  en  $mg/h \cdot kg$ . Las figuras 7, 8, 9 y 10 nos muestran la variación de las medias respiratorias a cada temperatura en función de cada variedad a cada temperatura. Los grupos estadísticos muestran la homogeneidad entre grupos y el comportamiento respiratorio dispar entre variedades. Si bien estadísticamente se señala que hay grupos homogéneos, en la práctica resulta importante considerar las diferencias a la hora de iniciar la cosecha.

Un ejemplo, las producciones de Snowchaser (SNW), Emerald (EME) y Kestrel (KES) pueden solaparse en el tiempo. Si bien las dos primeras se ven homogéneas respecto de la tercera, es recomendable comenzar la cosecha por Kestrel, luego Emerald y finalmente Snowchaser. De acuerdo a Yoonseok S, et al (2002) o Bhande S.D. et al (2008), como se ve en la figura 1, tenemos una la curva típica de respiración en

arándanos, la misma es dependiente de la temperatura, de la condición de las frutas tanto de su historia inicial en la planta como del tratamiento en la cosecha y como se ve no es lineal. De allí la relevancia de considerar variedades y períodos de producción y no solo valores puntuales para evaluar el comportamiento de los arándanos. Las diferencias en la respiración corresponden a diferentes momentos de la temporada y aumentan con la temperatura. Los valores de las medias no ubican a las variedades siempre en el mismo orden con el cambio de temperaturas.

Curvas típicas de respiración a todas las temperaturas

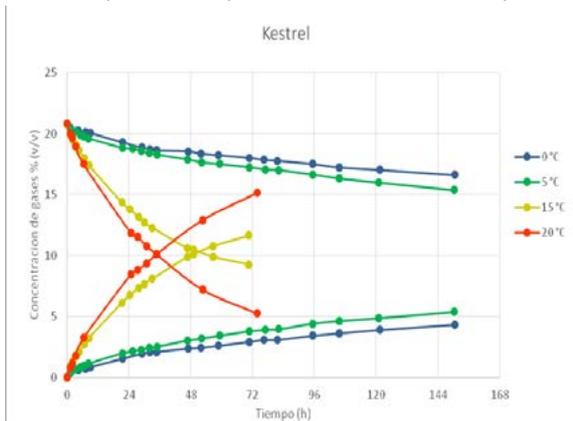


Figura 1

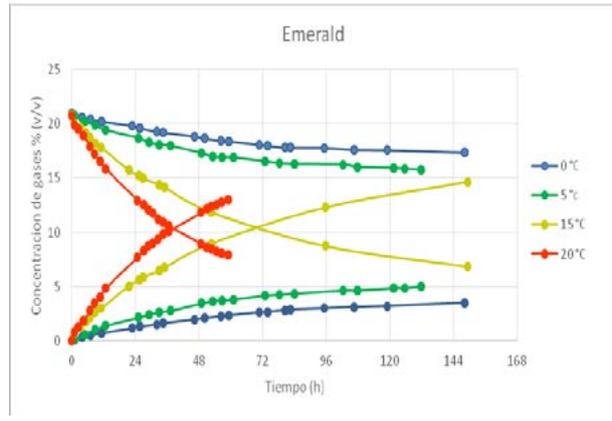


Figura 2

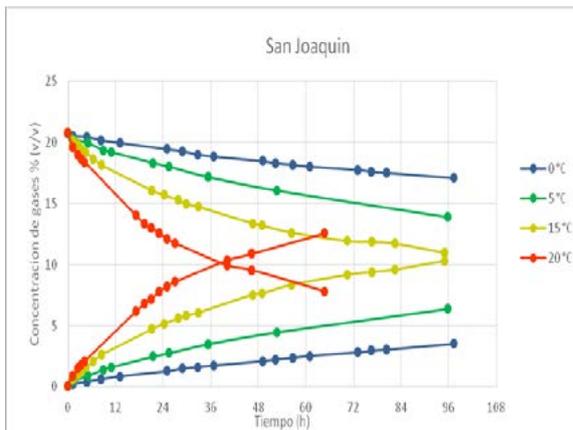


Figura 3

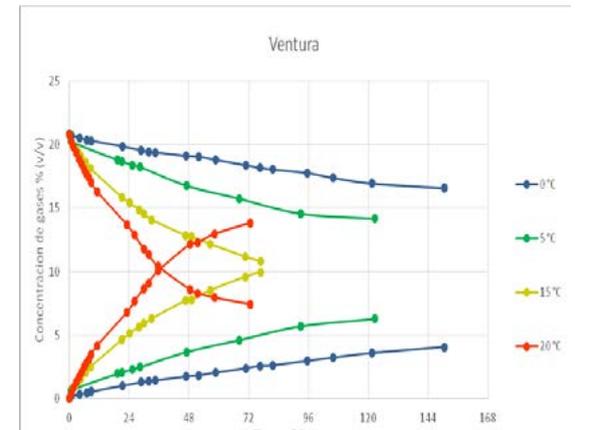


Figura 4

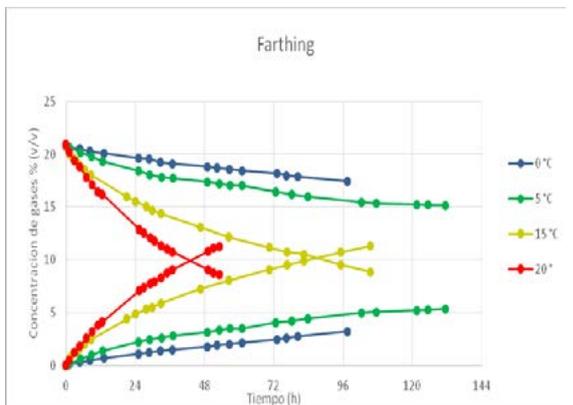


Figura 5

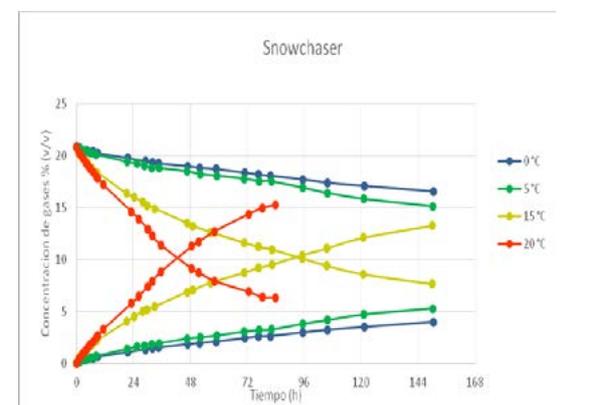
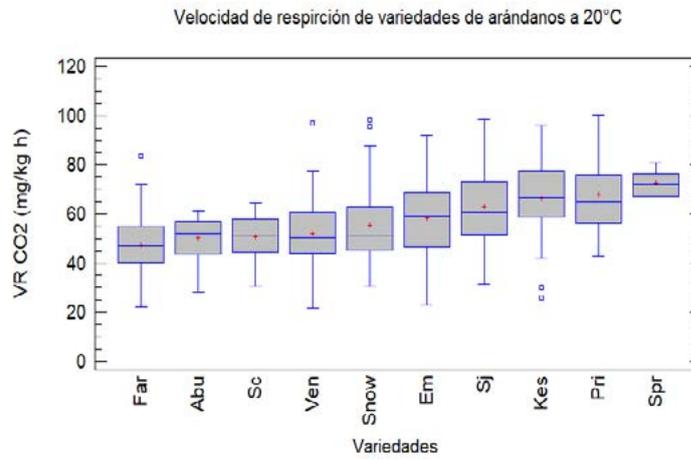


Figura 6

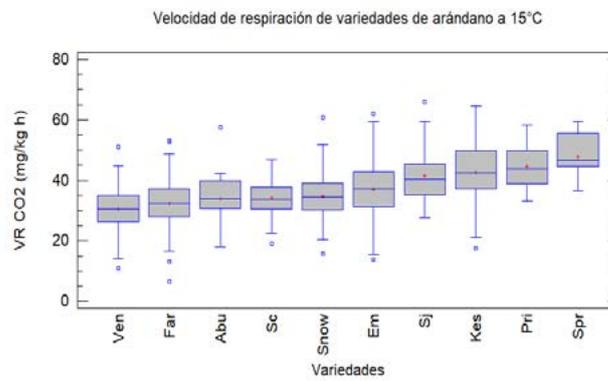
## Influencia de la Temperatura

### Comportamiento de las variedades a 20°C



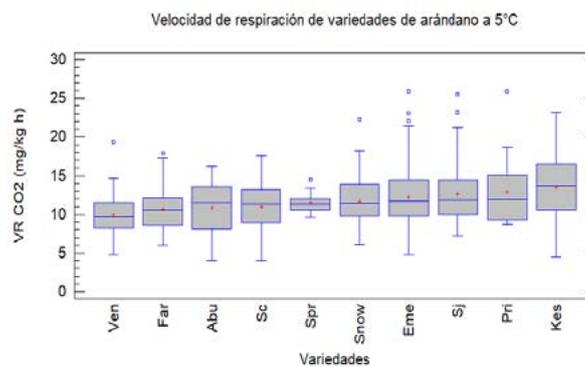
**Figura 7.** Tasa respiratoria de arándanos a 20°C

### Comportamiento de las variedades a 15°C



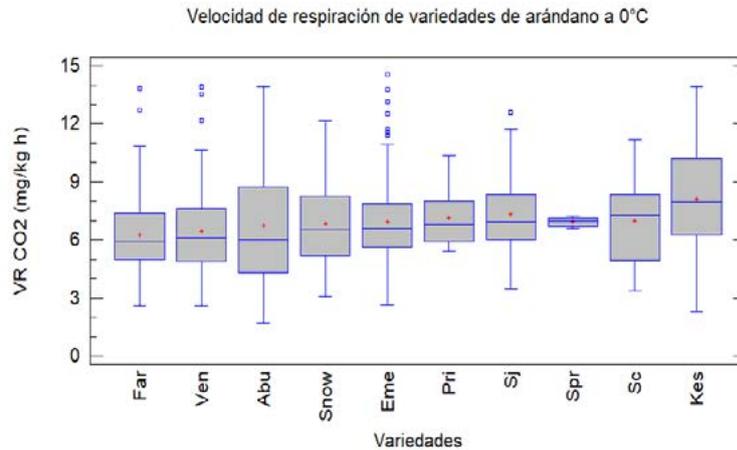
**Figura 8.** Tasa respiratoria de arándanos a 15°C

### Comportamiento de las variedades a 5°C



**Figura 9.** Tasa respiratoria de arándanos a 5°C

## Comportamiento de las variedades a 0°C



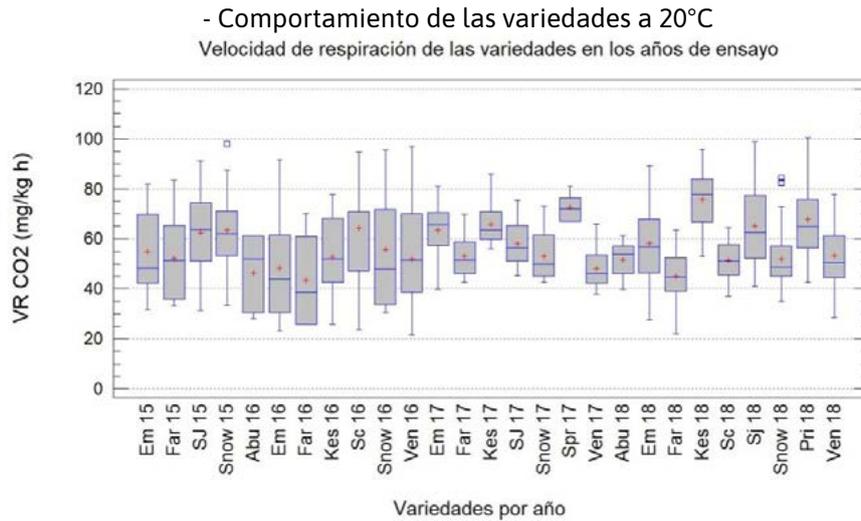
**Figura 10.** Tasa respiratoria de arándanos a 0°C

### Velocidad de respiración intervarietal en los años de ensayo

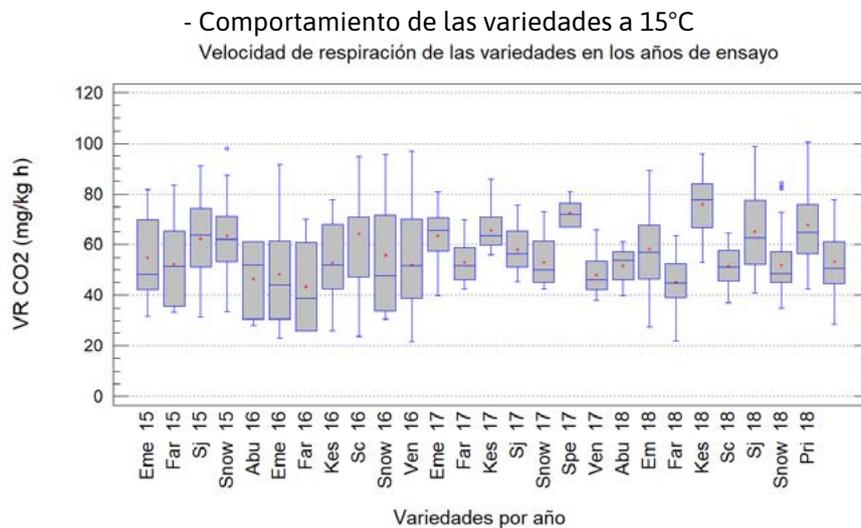
El análisis del comportamiento de los arándanos a lo largo de las tres temporadas a las mismas temperaturas, nos muestra variaciones en la respiración entre variedades. Las figuras 11 a 14 nos muestran el comportamiento de todas las variedades en cada año. También permite observar que el comportamiento varía entre temporadas probablemente debido a factores fuera del control del productor. El grupo de mediciones del año 2017 tiene diferencias para todas las variedades respecto de los años 2016 y 2018. Se infirió que dicho comportamiento sólo observable en una amplia escala de tiempo se debía a factores que incidían sobre todas las variedades.

### Comportamiento de cada una de las variedades durante los años de ensayo

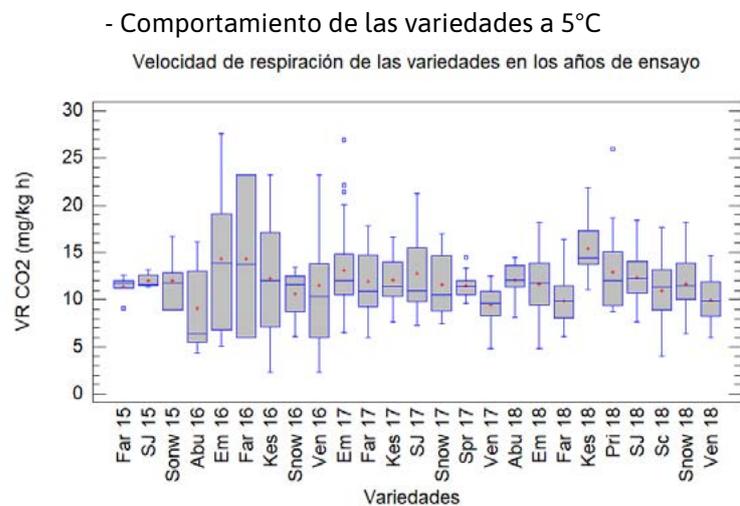
En las siguientes figuras se observa el comportamiento de todas las variedades durante el transcurso de las 3 temporadas de ensayo. Se puede ver que el comportamiento de cada variedad resulta diferente a lo largo de cada temporada y a su vez diferente entre temporadas. Se observa que el comportamiento de las variedades durante el año 2017 no es tan disperso como en los años 2016 y 2018. Durante ese año como se dijo, las horas de frío requeridas por estas variedades fueron las requeridas mientras que en 2016 y 2017 fueron el doble de lo requerido. De ello se podría inferir que el comportamiento de las variedades durante el año 2017 se aproxima al comportamiento que debiera manifestar la variedad con habitualidad. Las mediciones indican que estos parámetros deberían seguirse con atención porque podrían ser indicadores de situación conforme avance la temporada y permitan tomar decisiones comerciales por ejemplo. Esto requiere un análisis de otras temporadas anteriores que no son objeto de este trabajo.



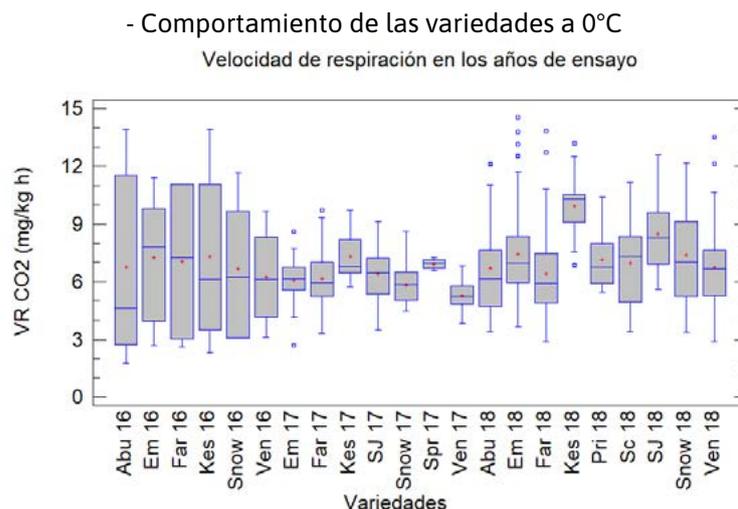
**Figura 11.** Comparación de variedades por año a 20°C



**Figura 12.** Comparación de variedades por año a 15°C



**Figura 13.** Comparación de variedades por año a 5°C



**Figura 14.** Comparación de variedades por año a 0°C

Esto condujo a consultar y analizar que podía haber ocurrido y se correlacionaron los siguientes conocimientos. Estas variedades de arándanos requieren a campo unas 300 a 350 horas de frío/año. La hora de frío corresponde a una hora con una temperatura menor a 7°C y éstas se acumulan en el período otoño – invierno. Los arándanos se comportan de manera muy diferente si no se alcanzan estas horas o si se superan esos límites. Existe una correlación entre las variaciones de la respiración y otros parámetros como se verá más adelante con las horas frío en dichas temporadas. Para llegar a esta conclusión se consultó a diferentes colegas agrónomos, en comunicaciones personales, y abundando aportaron que también influye la distribución de las horas según sea el estado fenológico de la planta. Por ejemplo, las horas frío en los meses de agosto de 2016 y 2018 son muy diferentes y de allí que el impacto sobre los frutos puede ser diferente aunque el total de horas de frío no sea significativamente diferente entre las dos temporadas. Los datos se observan en la tabla 1.

**Tabla 1 :** Horas de frío parciales y totales por año

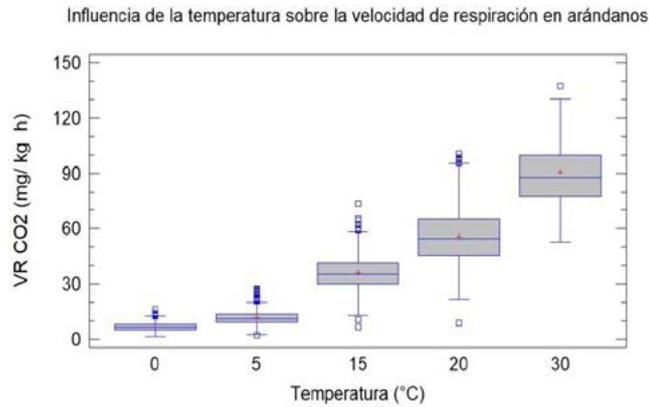
Horas Frío [hs]													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
<b>2016</b>	0,0	0,0	0,0	7,6	78,3	227,4	174,2	<b>104,1</b>	86,5	8,5	4,0	0,0	<b>690,4</b>
<b>2017</b>	0,0	0,0	0,0	3,6	4,1	96,6	113,1	79,5	2,4	1,1	4,0	0,0	304,1
<b>2018</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	56,3	241,2	151,1	<b>195,4</b>	2,2	2,3	0,0	0,0	<b>648,5</b>

Informe agroclimático anual (2016/2017/2018) – EEA INTA CONCORDIA, ENTRE RÍOS

### Influencia de la Temperatura

La figura 15 muestra los promedios de los datos de todas las variedades a cada temperatura de ensayo (30°C, 20°C, 15°C, 5°C y 0°C. La velocidad de respiración se duplica de 0 a 5°C y se triplica de 5 a 15°C, esto es coincidente con Beaudry et al., 1992; Cameron et al., 1994, 1995. Luego, se multiplica por 1,5 de 15 a 20°C y por último se multiplica por 1,6 de 20 a 30°C. La dispersión de datos se debe sustancialmente a que el comportamiento de cada variedad e inter variedad, fue diferente en los tres años de ensayo

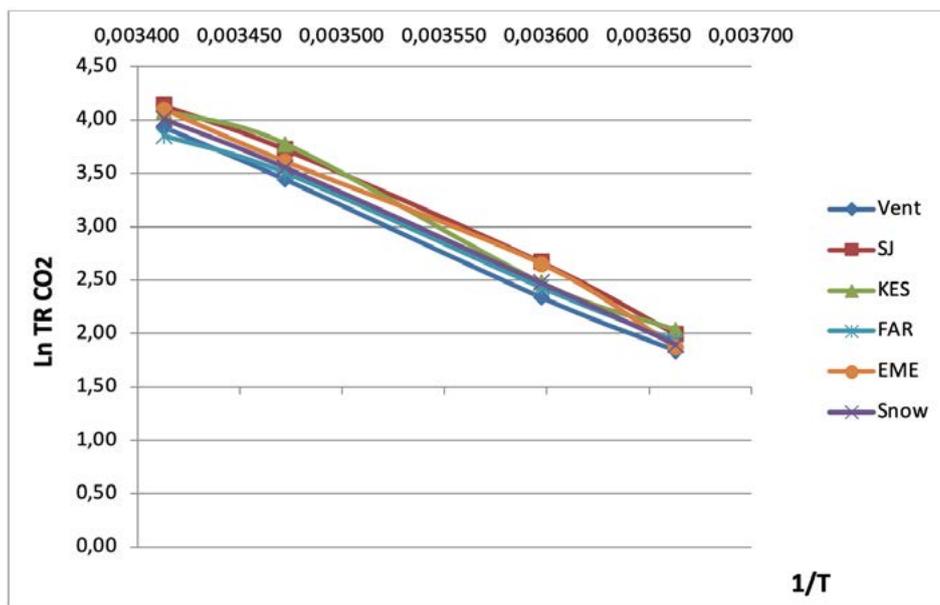
como señalan (Fidler & North, 1967; Gran & Beaudry, 1992; Song et al., 1992). En la figura 15 se representa la velocidad de respiración en mgCO<sub>2</sub>/Kg.h a las 5 temperaturas de ensayo. La temperatura de 30°C corresponde solamente al año 2018.



**Figura 15** Influencia de la temperatura en la tasa respiratoria

### Modelización

A efectos de determinar si los valores se ajustan de modo de predecir el comportamiento a diferentes temperaturas se aplicó la ecuación de Arrhenius la que muestra matemáticamente la dependencia de la temperatura y su evolución con la misma para cada variedad. Se puede observar en las figura 16. Dada la variabilidad del producto y de acuerdo con Fonseca *et al*(2002) no se avanzó hacia otras ecuaciones. Como se puede observar, la misma variedad de arándano se comporta en forma diferente según variables que no son manejables y por lo tanto los resultados asumiendo que su comportamiento es siempre igual no responden a la realidad.



**Figura 16:** Linealización de la ecuación de Arrhenius

Con los valores de medios de respiración de las tres temporadas a cada temperatura expresados como CO<sub>2</sub> mg/kg\*h de Ventura, San Joaquín, Kestrel, Snowchaser, Farthing y Emerald, la figura 16 representa la linealización de la ecuación 1 para el cálculo de la energía de activación para cada variedad según Arrhenius.

$$Tr = A * e^{-Ea/RT} \quad (1)$$

donde:

Tr<sub>CO2</sub> = es la tasa respiratoria (mL/kg\*h)

A= coeficiente (mg/kg\*h)

Ea= energía de activación (kJ/Mol)

R= constante de los gases (0,008314 kJ/mol\*K)

T= temperatura en (K)

Linealizando la ecuación (2):  $\ln K = \ln A - Ea/RT$

Cálculo de la energía de activación

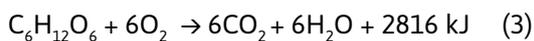
**Tabla 1.** Energía de activación por variedad

Variedad	Ea (kJ/mol)	A (mg/kg*h)	R <sup>2</sup>
Vent	72,5	2,51E+13	0,9994
SJ	73,3	4,41E+13	0,9964
Kes	74,0	5,82E+13	0,9901
Snow	72,9	3,20E+13	0,9996
Far	67,6	3,28E+12	0,9971
Eme	74,3	6,23E+13	0,9923

Coincidiendo con Exama et al (1993) en la tabla 2 se puede observar que las energías de activación para productos en atmósfera normal se encuentran entre 29 y 92,9 kJ/mol. La regresión de dichas curvas indica un buen ajuste de los valores y por lo tanto permiten representar el comportamiento de los arándanos de distintas variedades a diferentes temperaturas pero con las restricciones que fija el cambio de comportamiento con las diferentes temporadas.

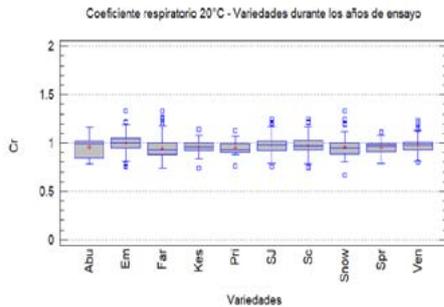
### Coefficiente respiratorio de las variedades

El coeficiente respiratorio para cada variedad y temperatura se mantiene en torno de 1 como muestra las figuras 17 a 20 36 lo que indica que el sustrato consumido es una hexosa según la ecuación (3).

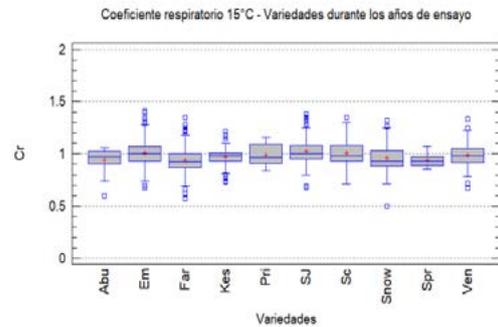


Los valores corresponden a medias de valores obtenidos a lo largo de las temporadas del ensayo para cada variedad a cada temperatura. Se observa que al descender la temperatura aumenta levemente la dispersión de los valores, pero no se verifica que las diferencias de otras variables del fruto tengan incidencia en el coeficiente respiratorio. Al respecto Fonseca, S. et al (2002) señalan en su revisión que tanto Beaudry (1993) y Lee et al (1996) tienen en cuenta no solo la respiración celular sino la resistencia de la piel a la transferencia, la solubilidad de los gases, y la difusión de los gases en el producto dado que se mide la atmósfera alrededor del producto. Si bien se utiliza el punto como crítica, ya que las ecuaciones

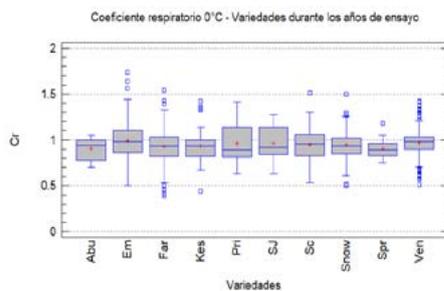
se refieren a un proceso interno, lo cierto es que hay que considerar el fruto y su entorno en la realidad. A nuestro juicio el error está en considerar que los frutos son siempre iguales cada año y por ello se infiere erróneamente que una ecuación pueda representar su comportamiento o predecirlo aunque la temperatura sea constante aún aceptando que las constantes de Michaelis varían con la temperatura.



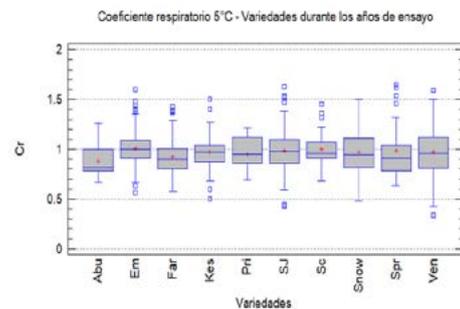
**Fig. 17:** Coeficiente respiratorio a 20°C



**Fig. 18:** Coeficiente respiratorio a 15°C



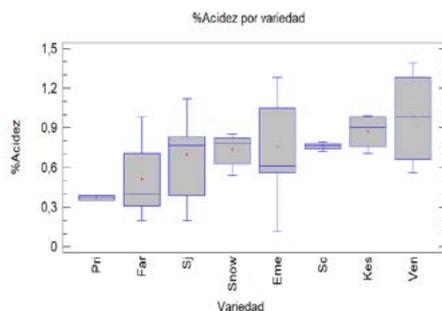
**Fig. 19:** Coeficiente respiratorio a 5°C



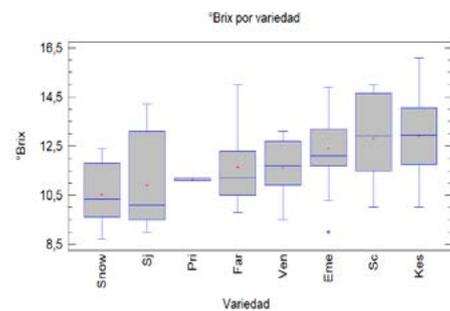
**Fig. 20:** Coeficiente respiratorio a 20°C

**°Brix y Acidez**

Los valores de cada variedad se presentan en las figuras 21 y 22 y resumen los valores de la media de cada variedad a lo largo de las 3 temporadas de ensayo.



**Fig 21:** °Brix por variedad



**Fig 22:** % acidez por variedad

**Variación de los grados °brix y acidez durante las temporadas**

En las gráficas 23 a 25 se muestra la evolución de los °brix y acidez en las temporadas 2017 y 2018. Para mejor visualización sólo se grafican 3 variedades: San Joaquín, Farthing y Emerald.



Fig 23: Variación °Bx año 2017



Fig 24: Variación °Bx año 2018

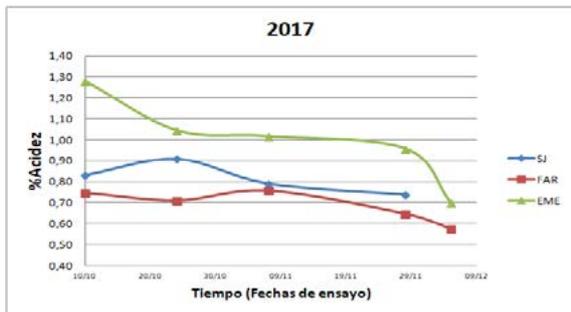


Fig 25: Variación % acidez año 2017



Fig 26: Variación acidez año 2018

A medida que transcurre la temporada se observa un incremento en los °Brix y una disminución de la acidez, lo que implica que un arándano cosechado al inicio de la temporada no es igual al cosechado a la mitad o al final de la temporada. Por otro lado se observa que las pendientes de disminución y aumento de valor de los parámetros son diferentes año a año.

### Variación de los grados °brix y acidez entre las temporadas

En la tabla 1 se indicaron las horas frío (temperaturas <7°C) de las temporadas estudiadas. En las figuras 27 a 38 se muestra la media de valores de °Brix (p/p) y acidez (mg Ac Cítrico/100g) para cada variedad en los diferentes años. Se observa que, el comportamiento es dispar, no existiendo en todos los casos una correlación entre el valor de las variables con el aumento o disminución de la temperatura. Esto indica una vez más que hay que ser cuidadoso con las generalizaciones respecto del comportamiento de éste fruto como se analiza en la tabla 39.

### °Brix y Acidez por variedad y temporada

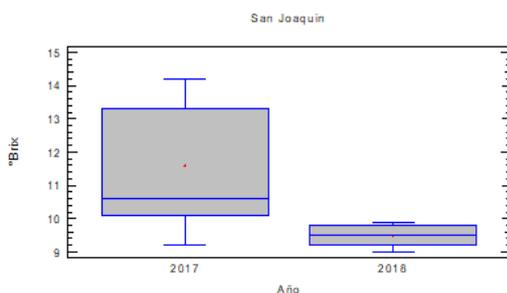


Fig 27: San Joaquín °Bx 2017 y 2018

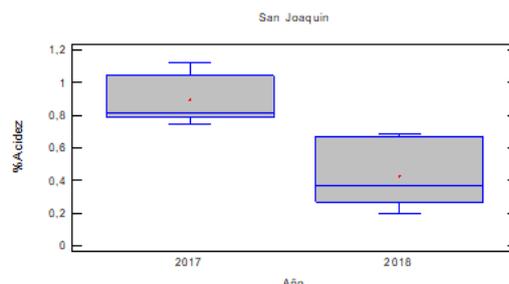
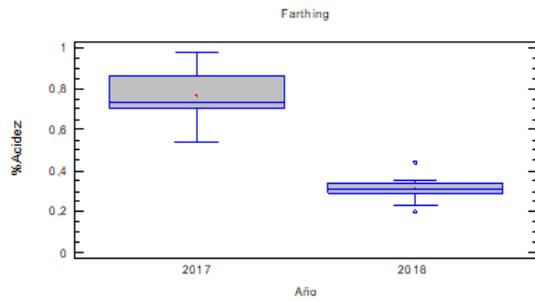
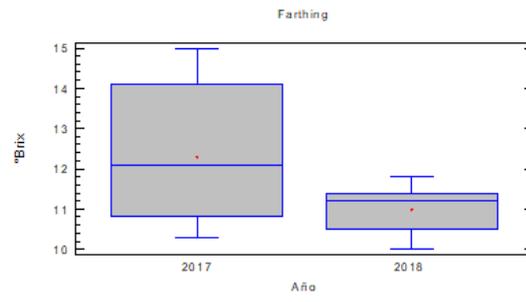


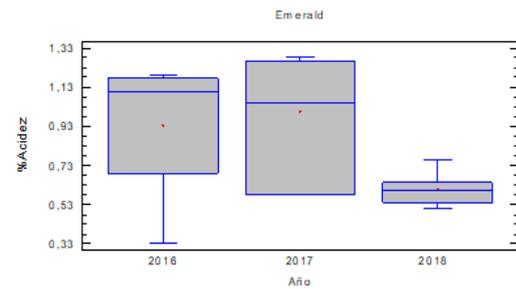
Fig 28: San Joaquín % acidez 2017 y 2018



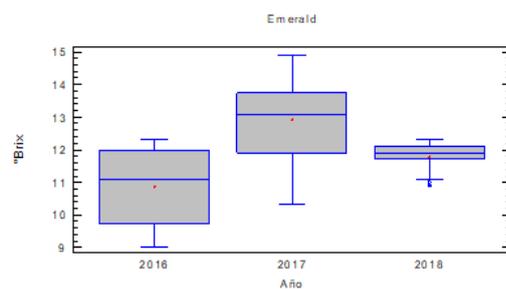
**Fig 29:** Farthing °Bx 2017 y 2018



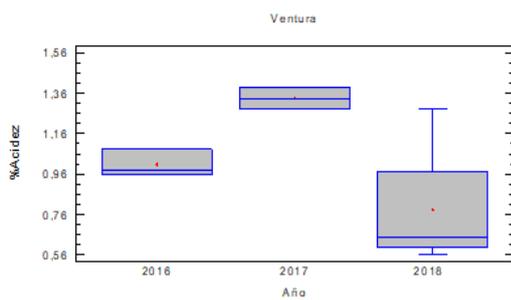
**Fig 30:** Farthing % acidez 2017 y 2018



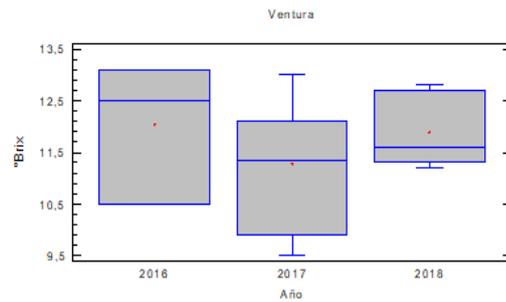
**Fig 31:** Emerald °Bx 2016, 2017 y 2018



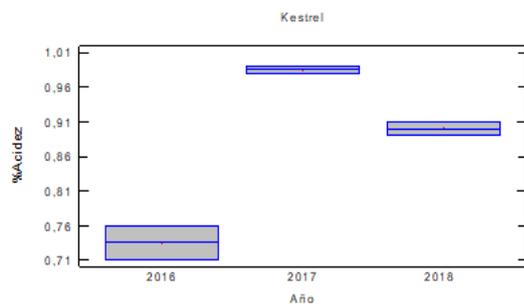
**Fig 32:** Emerald % acidez 2016, 2017 y 2018



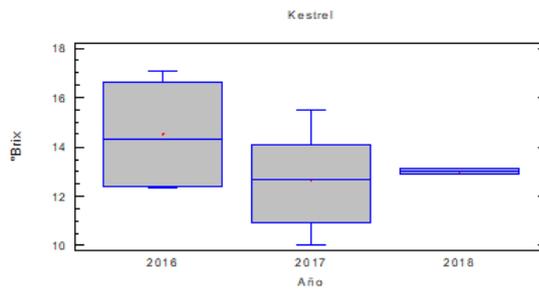
**Fig 33:** Ventura °Bx 2016, 2017 y 2018



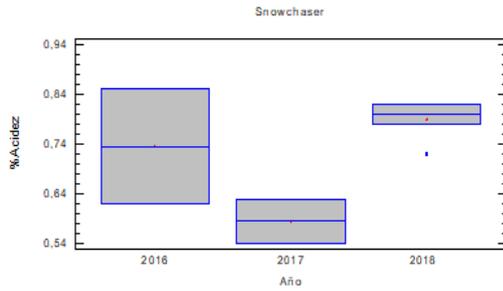
**Fig 34:** Ventura % acidez 2016, 2017 y 2018



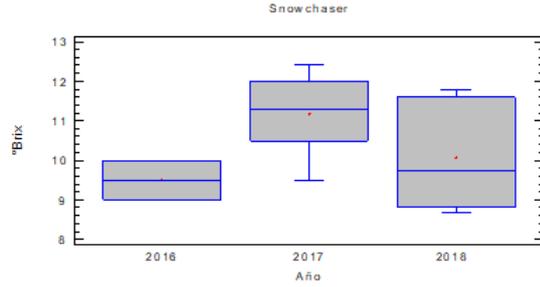
**Fig 35:** Kestrel °Bx 2016, 2017 y 2018



**Fig 36:** Kestrel % acidez 2016, 2017 y 2018



**Fig 37:** Snow °Bx 2016, 2017 y 2018



**Fig 38:** Snow % acidez 2016, 2017 y 2018

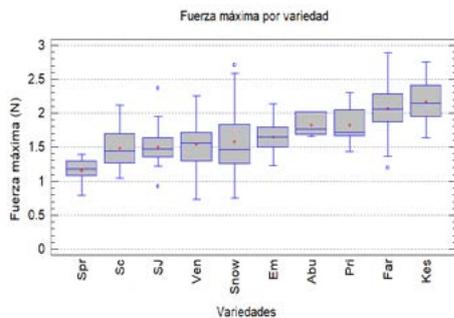
Si se toma como referencia el año 2017 con horas de frío suficientes para las variedades, vemos que los años 2016 y 2018 presentan diferencias respecto al 2017. Mientras Kestrel y Ventura aumentan el promedio de concentración de sólidos solubles, el resto baja. Con el ácido todos valores medios suben para el año 2017 menos Snowchaser. Para los años 2016 y 2018 baja el porcentaje de ácido en el resto. A su vez, mientras San Joaquin, Farthing y Emerald aumentan y disminuyen ambos parámetros en el mismo sentido para cada año, Kestrel, Snowchaser y Ventura hacen lo opuesto.

**Tabla 3:** Sentido de variación de °Bx y Acidez en función de las horas frío de las temporadas

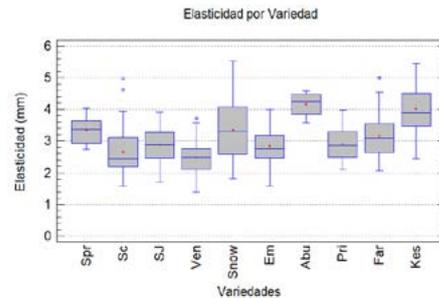
Variedad	°Bx16	°Bx17	°Bx18	Ac16	Ac17	Ac18
SJ	↓	↑	↓	↓	↑	↓
Far	↓	↑	↓	↓	↑	↓
Emerald	↓	↑	↓	↓	↑	↓
Kestrel	↑	↓	↑	↓	↑	↓
Snow	↓	↑	↓	↑	↓	↑
Ventura	↑	↓	↑	↓	↑	↓

**Textura**

En las siguientes figuras 39 y 40 se representa el valor medio de la fuerza máxima (N) y la elasticidad (mm) de las variedades en las temporadas de ensayo. La fuerza máxima se representa de forma ascendente con respecto a los promedios mientras que la deformación es diferente para cada variedad. Es por ello que luego se verá la relación F/E

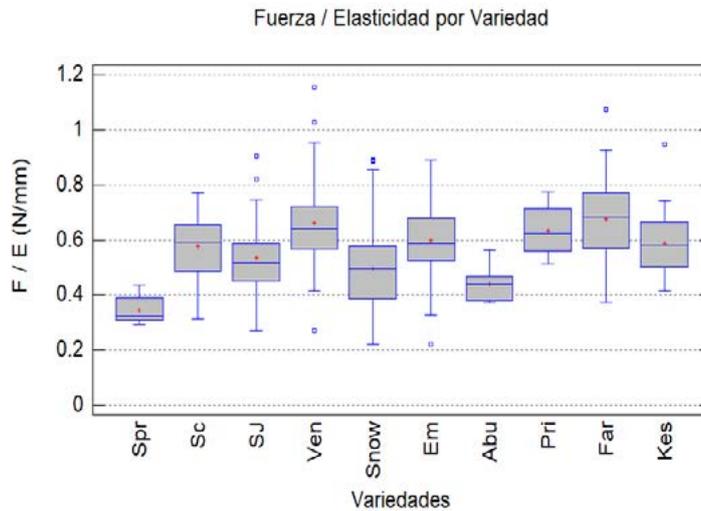


**Fig 39:** Fuerza máxima por variedad



**Fig 40:** Elasticidad por variedad

En la figura 41° se representa la relación entre la fuerza máxima y elasticidad media para todos los años de ensayo.

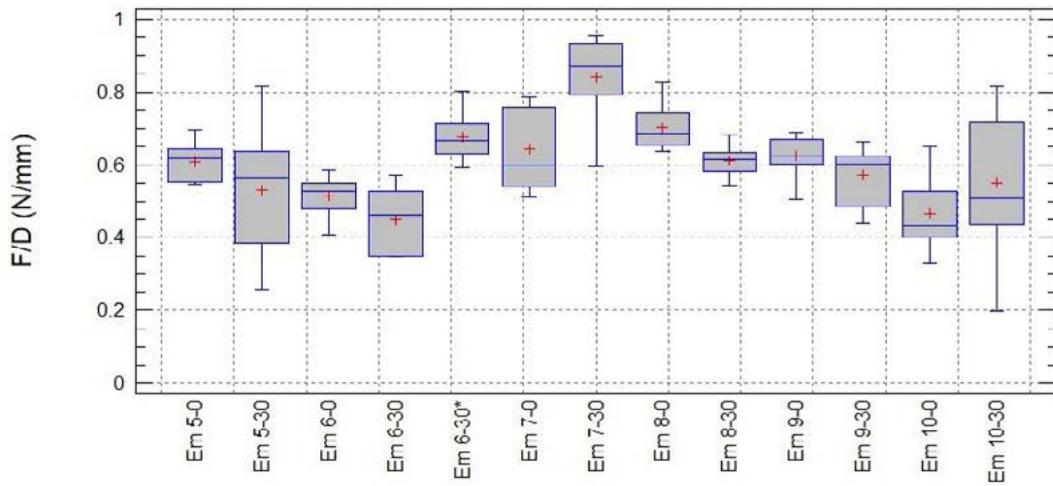


**Fig 41:** Análisis de (F/E) por variedad en las temporadas de ensayo

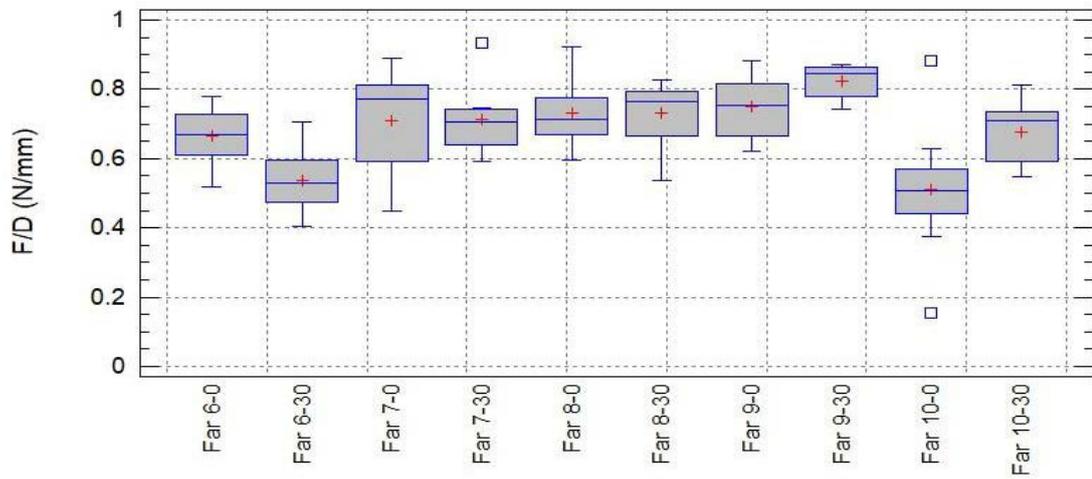
Se considera que cuanto más elevado es el valor de la relación más firmeza tiene la fruta.

### Análisis de Fuerza / Elasticidad (N/mm) en tránsito de largo plazo

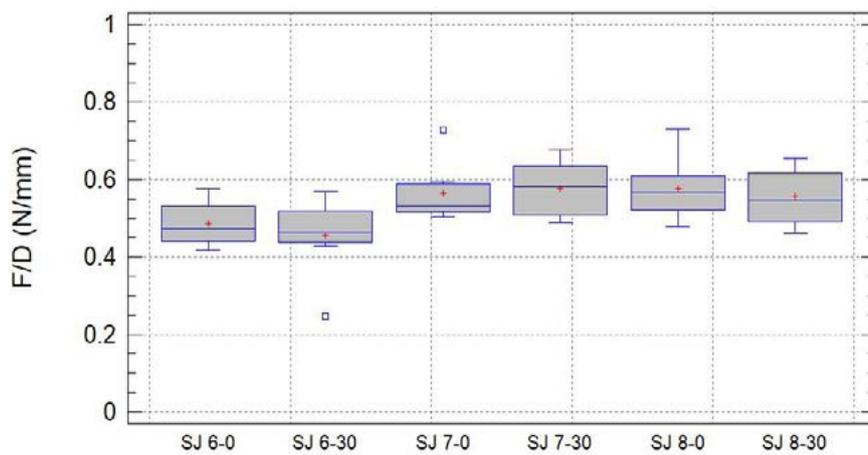
En las figuras 42 a 50, se muestra el comportamiento de los frutos el día 0 (cero) inicio del ensayo y 30 días después de conservación a 0°C como simulación de un viaje en contenedor refrigerado marítimo. Este ensayo se realizó solo en el año 2018. Esto se debió a que en el desarrollo del presente trabajo se produjo un cambio muy importante en la comercialización internacional de arándanos. Al momento de iniciar el presente trabajo los viajes de la fruta eran eminentemente aéreos y de allí que el tiempo de traslado y las variaciones implícitas no afectaban significativamente la textura. Al momento de finalizarlo ya el transporte marítimo cubre el 22% del transporte (ABC, 2019). Las variedades Emerald, San Joaquin, Fathing y Ventura muestran inicialmente un buen comportamiento. Scintilla y Snowchaser muestran un comportamiento de pérdida de firmeza a los 30 días, el resto Abundance, Primadona y Kestrel tienen pocas muestras. Se requieren más estudios para poder afirmar que el comportamiento resulta cuanto menos estadísticamente homogéneo a lo largo de los 30 días. En algunos casos, los valores promedio de la fuerza máxima a los 30 días son superiores a los valores iniciales esto indicaría que la variabilidad de los parámetros de los frutos es amplia como se refleja en otros ensayos de este trabajo.



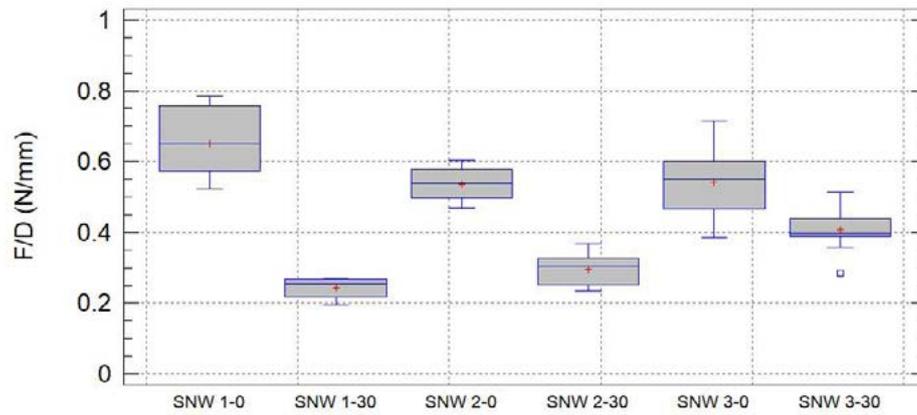
**Fig. 42:** Relación F/D en Emerald a 0 y 30 días a 0°C



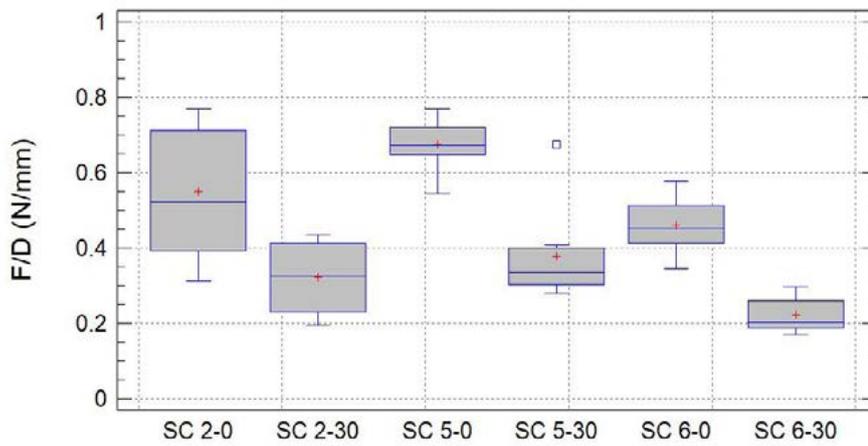
**Fig. 43:** Relación F/D en Farthing a 0 y 30 días a 0°C



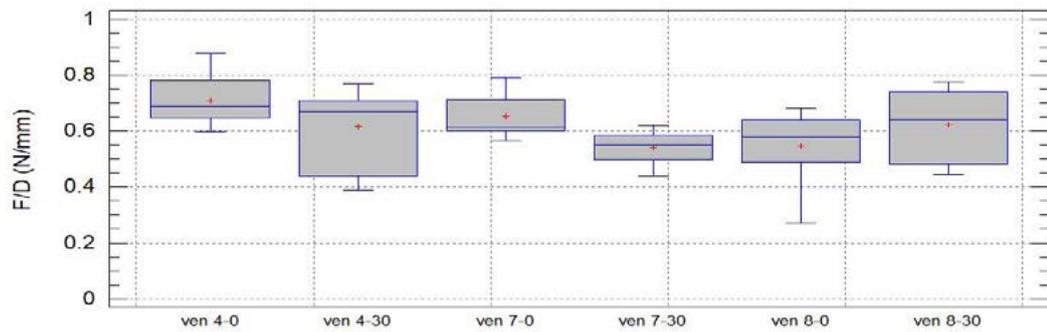
**Fig. 44:** Relación F/D en San Joaquín a 0 y 30 días a 0°C



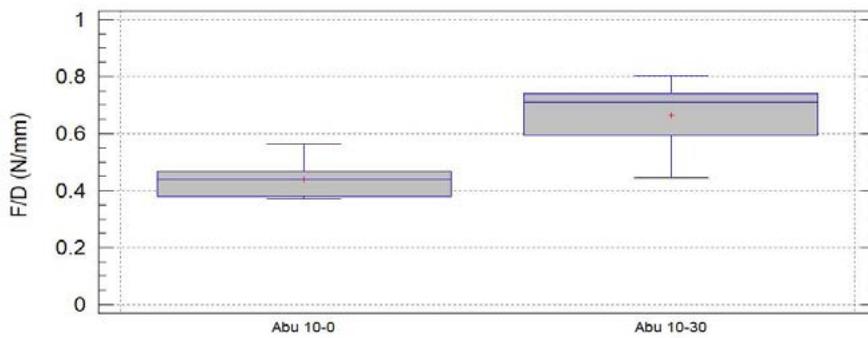
**Fig. 45:** Relación F/D en Snowchaser a 0 y 30 días a 0°C



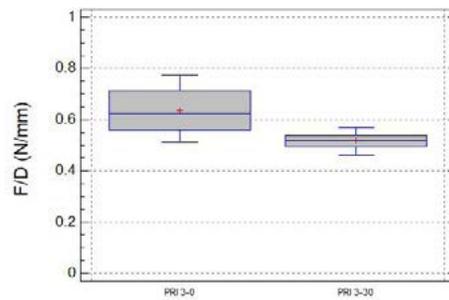
**Fig. 46:** Relación F/D en Scintilla a 0 y 30 días a 0°C



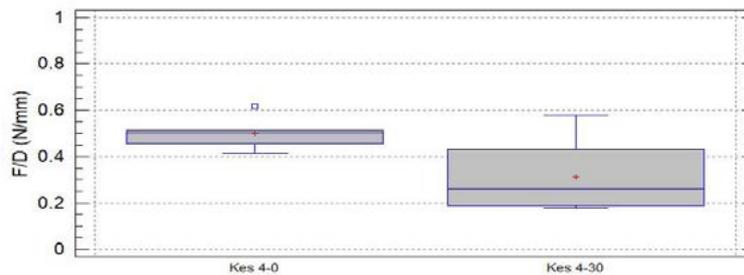
**Fig. 47:** Relación F/D en Ventura a 0 y 30 días a 0°C



**Fig. 48:** Relación F/D en Abundance a 0 y 30 días a 0°C



**Fig. 49:** Relación F/D en Primadona a 0 y 30 días a 0°C

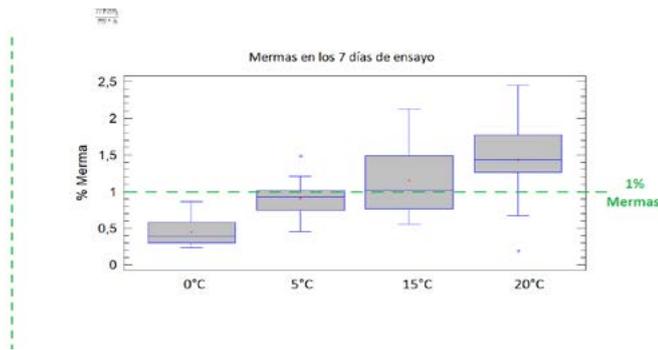


**Fig. 50:** Relación F/D en Kestrel 0 y 30 días a 0°C

En la figura 42 en el caso de Emerald 6 se observa que el segundo valor a 30 días es muy superior a los dos precedentes. Ese valor correspondió a una muestra de envase completo de 125g (4,4Oz) y no parcialmente lleno como las muestras bajo ensayo. Esto sugiere que el menor espacio libre en el recipiente permite que la humedad relativa alcance rápidamente valores que ejercen una mayor presión parcial de agua y por lo tanto disminuye el efecto de pérdida de turgencia. Por otro lado, la contribución por fruto a la humedad del envase debiera ser menor, lo cual resulta favorable.

### Mermas durante los ensayos

En la figura 51 se representa el promedio de las mermas durante siete días en el respirómetro a las temperaturas de ensayo para 2017. Se puede observar que la pérdida de peso aumenta con la temperatura como era esperable a pesar que no existe intercambio con el entorno. Esto sugiere que en viajes marítimos el control de la humedad cobra relevancia para esta fruta que cuenta con una gran relación superficie - volumen y una tasa respiratoria fuertemente dependiente de la temperatura. Esta variable, la humedad, no tiene control en los contenedores de transporte refrigerados actuales.



**Figura 51.** Merma de peso de la fruta en el sistema cerrado a cada temperatura

### Materia Seca

La tabla 4 representa la media y su respectiva desviación estándar de materia seca. (Ensayos 2017/18). El índice de materia seca tendría influencia en la vida post cosecha de los arándanos. Este punto requiere más estudio. Si bien por los tiempos el tema quedaba fuera del trabajo comenzamos a tomar valores con un método no estandarizado pero rápido, es decir compatible con el tiempo disponible en un empaque para decidir el destino comercial de la fruta. Los valores mínimos corresponden al inicio de la temporada de la variedad y los máximos al final de la temporada. Al igual que otros parámetros que se modifican con la maduración y el momento de la temporada del cultivo. De ello, el cálculo de desviaciones tienen poca relevancia si se comparan diferentes momentos del cultivo.

**Tabla 42:** valores de materia seca (g/100 g de producto) para cada variedad

Variedad	Casos	Media (g)	Mínimo	Máximo	Rango
Pri	3	11,76 ± 0,39	11,32	12,04	0,72
Snow	9	12,06 ± 1,94	8,93	14,68	5,75
Ven	9	13,10 ± 1,16	11,01	14,85	3,84
SJ	15	13,28 ± 2,55	8,85	16,61	7,76
Far	24	13,85 ± 2,03	11,0	17,11	6,11
Sc	9	14,31 ± 2,89	7,96	16,83	8,87
Eme	27	14,48 ± 1,62	11,54	17,38	5,84
Abu	3	18,58 ± 1,72	17,48	20,56	3,08
Total	102				

### Conclusiones

La primera conclusión es que el orden de cosecha puede programarse a partir de las tasas respiratorias dando prioridad a aquellas variedades cuya tasa respiratoria aumenta más rápidamente con la temperatura. La dependencia de la temperatura indica que resulta muy importante reducir la temperatura del fruto proveniente del campo para garantizar una buena postcosecha. La medición de los parámetros de diferentes variedades de arándanos a lo largo de 3 temporadas muestra una variabilidad de comportamiento. La respiración, °Brix, acidez tienen curvas de comportamiento diferentes cada año. Esta variabilidad se manifiesta tanto en cada variedad como entre variedades. La situación podría explicarse por factores externos como el climático. Esta conclusión está basada en que se escogió fruta siempre

de los mismos lotes, que recibieron los mismos cuidados culturales y en los cuales la única variable no controlada fue el clima. Por otra parte, si bien las ecuaciones como Michaelis - Menten ajustan para valores en un determinado momento, en las mismas se asume que el fruto se comportará siempre igual a temperatura constante en diferentes temporadas y esto no es así. Los trabajos publicados sobre arándanos se refieren en general a muestras individuales adquiridas en el mercado y en muy pocos casos con identificación de origen. De allí que observando cómo varían los parámetros de la fruta de una variedad en cada temporada resulta difícil hacer modelizaciones válidas para predicciones que cubran el comportamiento a lo largo de varias temporadas. Ello no quiere decir que no haya que estudiar los procesos fundamentales que regulan el comportamiento de los frutos. Si se debería tener en cuenta que los parámetros internos en cada partida cambiarán con la temporada, con las influencias externas en cada fase de desarrollo del sistema planta-fruto de cada temporada y la variedad del fruto. Los datos indican una fuerte relación entre el comportamiento del cultivo y el clima. La medición y el análisis en tiempo real de las variables del clima permitirían tener información para anticipar el comportamiento del cultivo dada la estrecha relación entre el clima y los diferentes estados fenológicos de la planta. Esto hoy no se realiza. Los resultados de la respiración de arándanos muestra que respira con baja intensidad a bajas temperaturas por lo que este método, la temperatura, permite controlar el deterioro o envejecimiento. En principio no aparecen razones que requieran atmósfera modificada o controlada para viajes en transporte marítimo por el gasto que ello implica y porque no aparecen los beneficios de rentabilizar esa inversión. Por el contrario, se observa que un control de la humedad sería de beneficio pero dicho control no se realiza. Se han realizado mediciones de fruta preparada en empaque comercial (resultados no mostrados) que indican que las variedades tienen un comportamiento diferente con una pérdida de firmeza mayor que la obtenida en nuestros ensayos. De dicho análisis quedó claro un aspecto conocido y es que en el empaque los procesos manuales no pueden determinar la firmeza de la fruta en una mesa de selección. Cambiar la tecnología que lo posibilita es posible pero requiere de inversión en maquinaria que posibilite revisar fruto por fruto. Con respecto a la materia seca, si bien estaba fuera del alcance del trabajos se comenzaron los trabajos y el desarrollo de un método rápido de medición resulta compatible con la utilidad de contar con ese valor cuando la fruta ya está cosechada. Las variables medidas en el presente trabajo como respiración, acidez, °Brix, textura, materia seca permiten establecer una base de conocimiento hacia futuros desarrollos de la actividad y orientan posibles y necesarios estudios que complementen a estos como la relación entre el valor nutricional y los tratamientos a campo y postcosecha. Éstos resultan necesarios tanto para satisfacer el conocimiento científico como para tener elementos diferenciadores a nivel comercial en un mundo cada vez más competitivo.

## Referencias Bibliográficas

- ABC, Argentinian Blueberries Commite. [www.argblueberry.com](http://www.argblueberry.com) último acceso 25/11/2019
- B. S. MEYER, D. B. A., and R. H. Bohling. (1973). *Introduction to plant physiology [by] Bernard S. Meyer [and others]*: New York, Van Nostrand Co. [1973] 2d ed.].
- BARCELÓ, N. R., Sabater García, Sánchez Tamés. (2003). Fisiología Vegetal. In E. Pirámide (Ed.).
- BEAUDRY, R. M. (1993). Effect of carbon dioxide partial pressure on blueberry fruit respiration and respiratory quotient. *Postharvest Biology and Technology*, 3(3), 249-258. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0925-5214\(93\)90060-G](http://dx.doi.org/10.1016/0925-5214(93)90060-G)
- BRECHT, J.K., Chau, K.V, Fonseca, S.C, Oliveira, F.A.R., Silva, F.M., (2003), Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. *Postharvest Biology and Technology* 27, 87\_/101
- M.C.N. Nunes f, R.J. Bender g
- BURZO, I. (1980). Influence of temperature level on respiratory intensity in the main vegetables varieties. *Acta Horticulturae*(117), 61-64.

- C. MANEERAT, A. T., S. Kanlayanarat and C. Wongs-Aree. (1997). A Transient Model to Predict O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> Concentrations in Modified Atmosphere Packaging of Banana at Various Temperature. *CA'97 Proceeding, International Controlled Atmosphere Research Conference, U.C. Davis, CA, USA.*
- CAMERON, A. C., Boylan-Pett, W., & Lee, J. (1989). Design of Modified Atmosphere Packaging Systems: Modeling Oxygen Concentrations Within Sealed Packages of Tomato Fruits. *Journal of Food Science*, 54(6), 1413-1416. doi: 10.1111/j.1365-2621.1989.tb05123.x
- EMOND, J. P. (1992). Mathematical modelling of gas concentration profiles in perforation-generated modified atmosphere bulk packaging. *PhD dissertation, University of Florida, Gainesville, FL, USA.*
- EMOND, J. P. C., K. V. ; Brecht, J. K. (1993). Modeling Respiration Rates of Blueberry in a Perforation-Generated Modified Atmosphere Package [Conference paper]. *6th International research conference, Controlled atmosphere*
- FIDLER, J. C., & Norh, C. J. (1967). The effect of conditions of storage on the respiration of apples. I. The effects of temperature and concentrations of carbon dioxide and oxygen on the production of carbon dioxide and uptake of oxygen. *Journal of Horticultural Science*, 42, 189-206.
- FISHMAN, S., Rodov, V., & Ben-Yehoshua, S. (1996). Mathematical model for perforation effect on oxygen and water vapor dynamics in modified-atmosphere packages. *Journal of Food Science*(5), 956.
- FONSECA, S. C., Oliveira, F. A. R., & Brecht, J. K. (2002). Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering*, 52(2), 99-119. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00106-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00106-6)
- GILBERT, S. G., & Henig, Y. S. (1975). Computer analysis of the variables affecting respiration and quality of produce packaged in polymeric films. [Article]. *Journal of Food Science*, 40(5), 1033.
- GONG, S., & Corey, K. A. (1994). Predicting steady-state oxygen concentrations in modified-atmosphere packages of tomatoes. [Article]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(3), 546-550.
- HERNER, R. C. (1987). High CO<sub>2</sub> effects on plant organs. [Article].
- HERTOG, M. L. A. T. M., Peppelenbos, H. W., Evelo, R. G., & Tijskens, L. M. M. (1998). A dynamic and generic model of gas exchange of respiring produce: the effects of oxygen, carbon dioxide and temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 14(3), 335-349. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214\(98\)00058-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214(98)00058-1)
- INFORME AGROCLIMÁTICO ANUAL (2016/2017/2018) – EEA INTA CONCORDIA, ENTRE RÍOS <https://inta.gob.ar/documentos/mes-año-agroclimatico>. Ultimo acceso mayo 2019.
- ISENBERG, F. M. R. (1979). Controlled Atmosphere Storage of Vegetables *Horticultural Reviews* (pp. 337-394): John Wiley & Sons, Inc.
- JACXSENS, L., Devlieghere, F., & Debevere, J. (1999). Validation of a Systematic Approach to Design Equilibrium Modified Atmosphere Packages for Fresh-Cut Produce. *LWT - Food Science and Technology*, 32(7), 425-432. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/fstl.1999.0558>
- JOLE, D. W., Cameron, A. C., Shirazi, A., Petracek, P. D., & Beaudry, R. M. (1994). Modified-atmosphere packaging of 'Heritage' red raspberry fruit: Respiratory response to reduced oxygen, enhanced carbon dioxide, and temperature. [Article]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(3), 540-545.
- KADER, A. A. (1986). Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. [Article]. *Food technology (USA)*.
- KADER, A. A. (1987). Respiration and gas exchange of vegetables. [Article].
- KADER, A. A. (1989). Mode of action of oxygen and carbon dioxide on postharvest physiology of 'Bartlett' pears. [Article]. *Acta Horticulturae (Netherlands)*.
- KAYS, S. J. (1991). Metabolic Processes in harvested products respiration. *Post Harvest Physiology of Perishable Plant Products. Van Nostrand Reinhold Publication, NY.*
- KUBO, Y., Inaba, A., & Nakamura, R. (1989). Effects of high CO<sub>2</sub> on respiration in various horticultural crops. [Article]. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science (Japan)*.

- LAKAKUL, R., Beaudry, R. M., & Hernandez, R. J. (1999). Modeling respiration of apple slices in modified-atmosphere packages. [Article]. *Journal of Food Science*, 64(1), 105-110.
- LEE, D. S., Hagggar, P. E., Lee, J., & Yam, K. L. (1991). Model for fresh produce respiration in modified atmospheres based on principles of enzyme kinetics. [Article]. *Journal of food science : an official publication of the Institute of Food Technologists (USA)*.
- LEE, D. S., Song, Y., & Yam, K. L. (1996). Application of an enzyme kinetics based respiration model to permeable system experiment of fresh produce. *Journal of Food Engineering*, 27(3), 297-310. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0260-8774\(95\)00012-7](http://dx.doi.org/10.1016/0260-8774(95)00012-7)
- MATHOOKO, F.M., (1996), Regulation of respiratory metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. *Postharvest Biology and Technology* 9 247-264
- MCLAUGHLIN, C. P., & O'Beirne, D. (1999). Respiration rate of a dry coleslaw mix as affected by storage temperature and respiratory gas concentrations. [Article]. *Journal of Food Science*, 64(1), 116-119.
- PEPPELENBOS, H. W., & Leven, J. v. t. (1996). Evaluation of four types of inhibition for modelling the influence of carbon dioxide on oxygen consumption of fruits and vegetables. [Article]. *Postharvest Biology and Technology (Netherlands)*.
- PIERGIOVANNI, L., Fava, P., & Ceriani, S. (1999). A simplified procedure to determine the respiration rate of minimally processed vegetables in flexible permeable packaging. [Article]. *Italian Journal of Food Science*, 11(2), 99-110.
- RANDOLPH M. Beaudry, A. C. C., Ahmad Shirazi<sup>1</sup>, and Diana L. Dostal-Lange. (1992). Modified-atmosphere Packaging of Blueberry Fruit: Effect of Temperature on Package O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>. [article]. *J. AMER. Soc. HORT. SCI.*
- RATTI, C., Raghavan, G. S. V., & Gariépy, Y. (1996). Respiration rate model and modified atmosphere packaging of fresh cauliflower. *Journal of Food Engineering*, 28(3-4), 297-306. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0260-8774\(95\)00044-5](http://dx.doi.org/10.1016/0260-8774(95)00044-5)
- RAVINDRA, M.R, Goswa T.K., (2008) Modelling the respiration rate of green mature mango under aerobic conditions. *Biosystems Engineering* 99, 239 – 248. [www.elsevier.com/locate/issn/15375110](http://www.elsevier.com/locate/issn/15375110)
- SMOCK, R. M. (1979). *Controlled Atmosphere Storage of Fruits Horticultural Reviews* (pp. 301-336): John Wiley & Sons, Inc.
- SMYTH, A. B., Song, J., & Cameron, A. C. (1998). Modified Atmosphere Packaged Cut Iceberg Lettuce: Effect of Temperature and O<sub>2</sub> Partial Pressure on Respiration and Quality. [Article]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(11), 4556-4562.
- SOLOMOS, T. K., A. (1989). Low oxygen and fruit ripening. [Article]. *Acta Horticulturae (Netherlands)*.
- SONG, Y., Kim, H. K., & Yam, K. L. (1992). Respiration rate of blueberry in modified atmosphere at various temperatures. [Article]. *American Society for Horticultural Science (USA)*.
- SONG, Y., Kim, H. K., & Yam, K. L. (1992). Respiration Rate of Blueberry in Modified Atmosphere at Various Temperatures. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(6), 925-929.
- TALASILA, P. C. (1992). Modeling of heat and mass transfer in a modified atmosphere package. [Article].
- TALASILA, P. C., Cameron, A. C., & Joles, D. W. (1994). Frequency distribution of steady-state oxygen partial pressures in modified-atmosphere packages of cut broccoli. [Article]. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(3), 556-562.
- TALASILA, P. C., Chau, K. V., & Brecht, J. K. (1992). Effects of gas concentrations and temperature on O<sub>2</sub> consumption of strawberries. [Article]. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 35(1), 221-224.
- VIJAY, P., Rakesh P. (2016). Internal Atmosphere of Fruits: Role and Significance in Ripening and Storability
- WAGHMAREA, R.B., Mahajanb, P.V., Annapurea, U.S., (2013), Modelling the effect of time and temperature on respiration rate of selected fresh-cut produce, [Article], *Postharvest Biology and Technology* 80 (2013) 25–30

- WOLFE, K. L. (1980). Use of CO<sub>2</sub>- and CO<sub>2</sub>-enriched atmospheres for meats, fish and produce. [Article]. *Food Technology*, p.p. 55 - 63.
- YANG, C. C., & Chinnan, M. S. (1988). Modeling the effect of O<sub>2</sub> and Co<sub>2</sub> on respiration and quality of stored tomatoes. [Article]. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 31(3), 920-925.
- YOONSEOK SONG, Nick Vorsa, Kit L. Yam, (2002), Modeling respiration–transpiration in a modified atmosphere packaging system containing blueberry, [Article] *Journal of Food Engineering* 53 (2002) 103–109.
- ZAGORY, D., & Kader, A. A. (1988). Modified atmosphere packaging of fresh produce. [Article]. *Food technology (USA)*.
- ZAPATA, L. M. Q. C. F. M. A. D. V., C. O.; Rivadaneira, J. A.; Gerard, J. A. (2010). Estudio de la capacidad antioxidante de especies de arándanos cultivadas en la región de Salto Grande. In C. O. Vuarant (Ed.), *Arándanos - Avances Científicos -Tecnológicos en la región de Salto Grande* (pp. 171 - 188).

### **Indicadores de producción**

Dr. Roberto Varela, ponente XVII Congreso CyTAL® 2019 y la Asociación Latinoamericana y del Caribe de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ALACCTA), Universidad Católica Argentina en Puerto Madero, Buenos Aires, del 20 al 22 de noviembre de 2019.

Queremos invitarlo a participar en la Mesa Redonda que describimos a continuación, en calidad de ponente. La misma tendrá lugar el día miércoles 20 de noviembre de 14 a 16 hs.

Aplicación del estudio del comportamiento de arándano en la logística de transporte de exportación.

### **PRODUCTOS FRUTOHORTÍCOLAS Y COMPUESTOS BIOACTIVOS**

#### **9nas Jornadas de Técnicas de Arándano**

Certificamos que Clara Ines Garcia participó en carácter de oradora en el tema “Respiracion de Variedades de arandanos”, 9na. Jornada Técnica Regional en Arandano, organizada por APAMA, los días 29 y 30 de agosto de 2018. en la ciudad de Concordia, Entre Rios.

Certificamos que Nicolas Albornoz participo en carácter de orador en el tema

Roberto Varela participó en carácter de orador en la X Jornada Técnica Regional en Arandano, organizada por APAMA, los días 21 y 22 de agosto de 2019. en la ciudad de Concordia, Entre Rios.

### **Congreso CYTAL-ALACCTA 2019**

#### **ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN REALIZADAS**

Los resultados parciales del trabajo informados en el 2do informe de avance fueron expuestos por los becarios en el 9na Jornada Técnica de Arándanos realizada durante los días del año 2018 con excelente repercusión como se citó al comienzo del informe. De igual modo se presentaron los resultados finales en las X Jornadas Técnicas de Arándanos. Esto resulta relevante por su especificidad y porque al mismo asistieron productores de arándano de Buenos Aires, Tucumán, Litoral argentino, que son los lugares de producción de arándano en Argentina y la información no estuvo mediada sino que fue directa a los interesados. Es interesante resaltar que el Argentinian Blueberry Comite como co-organizador y APAMA como organizador de los eventos representan a más del 80% en cada caso tanto del país como del Litoral según el caso. Asimismo asistieron productores de Uruguay, Perú y Chile.

**PID 8084**

**Denominación del Proyecto**

Tasa respiratoria de arándanos en condiciones aeróbicas. Influencia varietal y modelización

**Director**

Roberto Alfredo VARELA

**Unidad de Ejecución**

Universidad Nacional de Entre Ríos

**Dependencia**

Facultad de Ciencias de la Alimentación

**Área o disciplina científica**

Grupo de estudio del Laboratorio de Industria de Frutas y Hortalizas de la Facultad de Ciencias de la Alimentación. Universidad Nacional de Entre Ríos

**Contacto**

[roberto.varela@uner.edu.ar](mailto:roberto.varela@uner.edu.ar)

**Integrantes del proyecto**

Carlos I. Vidal; Anibal Larrocca; Clara García y Nicolás Albornoz.

**Fechas de iniciación y de finalización efectivas**

01/02/2016 y 31/01/2019

Aprobación del Informe Final por CS N° 475/20 (16/12/2020)