

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias**  
**Alimentarias**



*Una Institución Adventista*

**“Extracción de antocianinas y fenoles en cáscara de arándano  
aplicando múltiples respuestas mediante el diseño Box-Behnken”**

Por:

Yajayra Ramirez Arroyo

Asesor:

Reynaldo Justino Silva Paz

**Lima, septiembre de 2020**

## ANEXO 7 DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

PhD. Reynaldo Justino Silva Paz, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Peruana Unión.

### **DECLARO:**

Que el presente informe de investigación titulado: **“Extracción de antocianinas y fenoles en cáscara de arándano aplicando múltiples respuestas mediante el diseño Box-Behnken”** constituye la memoria que presenta la estudiante **Yajayra Ramirez Arroyo** para aspirar al bachiller en Ingeniería de Industrias Alimentarias ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en *Lima*, a los *21 de septiembre* del año 2020



---

PhD. Reynaldo Justino Silva Paz

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a 11 día(s) del mes de setiembre del año 2020.. siendo las 12:00 horas,

se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Dr. Julio Florencio Paredes Guzmán .....el(la) secretario(a):

Ing. Joel Jerson Coaquira Quispe ..... y los demás miembros:

Ms Sc. Silvia Pilco Quesada ..... Dra. Amparo Eccoña Sota .....

.....y el(la) asesor(a) PhD. Reynaldo Justino Silva Paz .....

..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de

investigación titulado: Extracción de antocianinas y fenoles en cáscara de arándano aplicando múltiples .....

respuestas mediante el diseño Box-Behnken .....

..... de los (las) egresados (as): a) Yajayra Ramirez Arroyo .....

..... b) .....

..... conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

Ingeniería de Industrias Alimentarias .....

*(Denominación del Grado Académico de Bachiller)*

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a la ..... candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por la ..... candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Yajayra Ramirez Arroyo .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<b>APROBADO</b>	<b>17</b>	<b>B+</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Sobresaliente</b>

Candidato/a (b): .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó a la ..... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

# **Extracción de antocianinas y fenoles en cáscara de arándano aplicando múltiples respuestas mediante el diseño Box- Behnken**

Yajayra Ramirez Arroyo\*, Reynaldo J. Silva Paz

EP. Ingeniería de Industrias Alimentarias, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad  
Peruana Unión, [\\*yajayraramirez@upeu.edu.pe](mailto:yajayraramirez@upeu.edu.pe)

## **Resumen:**

Los desechos producidos por la industria de bebidas generan grandes volúmenes de residuos de cáscara y semillas, debido a que corresponde al 50 % del fruto entero. De estos residuos se podría obtener biopolímeros, compuestos bioactivos o desarrollar nuevos productos. Es por ello, que se aplicó el análisis de múltiples respuestas basados en la deseabilidad con el objetivo de encontrar los parámetros que permitan maximizar el contenido de antocianinas y fenoles totales de cáscaras de arándano utilizando el diseño Box-Behnken, las variables independientes fueron el tiempo, velocidad de centrifugación y relación materia prima (MP) /Solvente durante el proceso de extracción. Los valores obtenidos de antocianinas y fenoles totales fueron entre 7,85-35,56 mg/100 gr y 2,29-8,20 de mg/g GAE, respectivamente, El análisis estadístico evidenció que la interacción de tiempo\*relación MP/Solvente fue significativa para el contenido de antocianinas y fenoles, aunque esta última variables respuesta fue afectada también por la velocidad\*tiempo. Se aplicó la función de deseabilidad para alcanzar las condiciones que permiten maximizar el contenido de antocianinas y fenoles totales, encontrando los siguientes parámetros: velocidad de centrifugado a 400 rpm por 20 min a una relacion materia prima/solvente de 1:25 duarnte el proceso de extracion. Los gráficos de superficie y análisis de múltiples respuestas permiten obtener de forma efectiva las condiciones para maximizar o minimizar un determinado proceso.

**Palabra clave:** Antocianina, fenoles, cáscara, arándano y residuos.

**Abstract:**

The waste produced by the beverage industry generates large volumes of shell and seed residues, because it corresponds to 50% of the whole fruit. These residues could be used to produce biopolymers, bioactive compounds or to develop new products. Therefore, multiple response analysis based on desirability was applied to find the parameters that would allow maximizing the anthocyanin and total phenol content of blueberry peels using the Box-Behnken design. The independent variables were time, speed of centrifugation and raw material (PM)/Solvent ratio during the extraction process. The values obtained for anthocyanins and total phenols were between 7.85-35.56 mg/100 gr and 2.29-8.20 mg/g GAE, respectively. The statistical analysis showed that the interaction of time\*MP/Solvent ratio was significant for the anthocyanins and phenols content, although this last response variable was also affected by the speed\*time. The desirability function was applied to reach the conditions that allow maximizing the content of anthocyanins and total phenols, finding the following parameters: centrifugation speed at 400 rpm for 20 min at a raw material/solvent ratio of 1:25 during the extraction process. The surface graphics and multiple response analysis allow to effectively obtain the conditions to maximize or minimize a given process.

**Key word:** Anthocyanin, phenols, peel, blueberry and residues

**1. Introducción**

Actualmente la población ha empezado a preocuparse por el medio ambiente, debido a los desechos naturales generados por las agroindustrias, específicamente las empresas de bebidas que procesan zumos y vinos, los cuales producen grandes volúmenes de residuos de cáscara y semillas, debido a que representa el 50 % del fruto entero (Linards, 2018). Es por ello, que la industria alimentaria busca utilizar estos residuos con el fin de obtener aditivos, colorantes naturales y reducir el impacto ambiental (Angiolillo, Del Nobile y Conte, 2015).

El arándano es una baya que pertenece a la familia de Ericáceas, de forma semicircular de  $8 \pm 1$  mm de diámetro y de color negro azulado, con sabor agridulce (Li y Kailing, 2019). Son pocas las industrias de zumos y vinos que se han interesado en aprovechar los residuos que genera este fruto, estos residuos generados en la producción se encuentran entre los menos utilizados y se eliminan mediante vertederos o incineración, lo que resulta en costos adicionales (Kraujalyte y Rimas-Venskutonis, 2015). Sin embargo, la cáscara de arándano contiene antocianinas y compuestos fenólicos, que benefician la salud y los atributos del pigmento natural. La antocianina es un pigmento hidrosoluble, responsables de la gama de colores desde el rojo hasta el azul en diferentes alimentos y los compuestos fenólicos presentes en las antocianinas, podrían tener un efecto protector contra enfermedades degenerativas (Sharif, 2018). Los extractos antocianicos se extraen con uno de los métodos sólido/líquido, seguido de solventes alcohólicos y una fuerza de trabajo a un determinado tiempo, todas las especies de bayas contienen interesantes moléculas bioactivos, como antocianinas y taninos hidrolizables en la cáscara y ácido púnicico en las semillas (Masci, 2016).

La industria no aplica métodos estadísticos para aprovechar los desechos orgánicos. Por esa razón, desperdician muchas materias primas y reactivos, que pueden tener un impacto adverso en los recursos forestales y, en consecuencia, en el medio ambiente (Linards, 2018). Xinran (2016) menciona que el diseño Box Behnken es un método muy eficiente, ya que explica los efectos de interacción entre las variables estudiadas y permite determinar con mayor precisión la combinación de niveles adecuados (Espada-Bellido, 2016). Para la cuantificación del contenido de antocianinas y fenoles totales de forma conjunta se necesita la identificación de los parámetros que influyen en el proceso de extracción mediante el enfoque de múltiples respuestas, ya sea en base a deseabilidad o superposición de gráficos de contorno (Mugwagwa, 2019). Es por ello, que el objetivo del trabajo es maximizar el contenido de antocianinas y fenoles luego a partir de la extracción de cáscara de arándano utilizando el diseño Box Behnken mediante múltiples respuestas con la función deseabilidad.

## **2. Materiales y Métodos**

### **2.1 Materia prima**

Se seleccionaron los residuos de cáscara de arándanos, que presentó una humedad inicial de 80 %, los cuales fueron colocados en el secador de túnel (Espacio tiempo, HSB01, Perú) por un periodo de 36 h a 40 °C, obteniendo una humedad final de 13 %. Las cáscaras secas se redujeron de tamaño en un molino doble hoja (Tecnal, Tipo Wiley TE-650) para luego ser almacenadas en bolsas negras de polietileno de alta densidad, empaquetadas en una caja y almacenados a -18 °C en un congelador (Marca: Coldex, Modelo CN36, Serie: 0200124477), hasta su posterior análisis.

### **2.2 Antocianinas totales**

#### **2.2.1. Extracción de muestra**

El extracto antocianico se realizó en una relación sólido – líquido (1:10; 1:20; 1:30) a partir de los residuos de arándano triturados, se añadió alcohol etílico al 96° a un pH 3.5 para ser centrifugados a 300, 400 y 500 rpm por 15, 30 y 45 min, respectivamente. Luego fueron extraídos por medio de una bomba al vacío (Marca: Tecnal, Mo.: TE- 058) y almacenados en frascos ámbar de vidrios a -18°C, para su posterior análisis.

#### **2.2.2. Preparación para determinar el contenido de Antocianinas**

Las antocianinas totales se determinaron de acuerdo al método propuesto por Masci, (2016). Al extracto de antocianina se le añadió 10 ml de tampón NaCl a pH 1 y acetato de sodio tampón a pH 4,5. Las mezclas se colocaron en un lugar oscuro durante 30 min a temperatura ambiente. La absorbancia se midió con un espectrofotómetro (Marca: ThermoSpectronic, Mo.: Genesys10UV; Serie: 2G6F302001) y se analizó con la siguiente de Ec. 1:

$$A = (A_{\lambda \text{ vis - max}} - A_{700})_{\text{pH}1} - (A_{\lambda \text{ vis - max}} - A_{700})_{\text{pH}4} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

A= absorbancia del extracto

$A_{\lambda \text{ vis-max}}$  = absorbancia a 520 nm a distintos pH

$A_{700}$  = absorbancia a 700nm a distintos pH

### 2.2.3 Cuantificación de antocianinas totales

Se cuantificaron las antocianinas totales mediante el método descrito por Mugwagwa (2019), las antocianinas se cuantificaron por medio de la suma de las concentraciones de cianidina 3-O-glucosido presentes en el extracto. El total de antocianinas equivalente a (mg/g) se cuantificó con la Ec 2.

$$\text{Contenido de antocianinas (mg/g)} = (A * PM * FD * 1000) / (\epsilon * \lambda * m) \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

$$A = (A_{520} - A_{700})_{\text{pH1}} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH4.5}}$$

PM (Peso molecular) = 449.2 g/mol para cianidina-3-glucósido

FD (factor de dilución) = 1 longitud de paso de celda en cm.

$\epsilon$  = 26900 coeficiente de extinción molar para cianidina- 3- glucósido,

1000= factor de conversión de g a mg.

$\lambda$ = longitud de onda

m= masa de cascara

## 2.4 Fenoles totales

### 2.4.1. Preparación para determinar el contenido de fenoles

Para la determinación del contenido total de fenoles totales, se realizó de acuerdo al método Folin-Ciocalteu propuesto por Siddiq (2018). El extracto de antocianina (0.5 ml) se le añadió etanol en relación 1:2, luego NaF 2mM para prevenir la degradación de los



polifenoles con la encima polifenol oxidasa, luego fueron sometidos a un agitador Orbital (Marca: Elmi, Mo: SHAKER S-3) y centrifugado a 10 000 rpm por 15 min a 10°C.

#### 2.4.2. Cuantificación del contenido de fenoles

El extracto se mezcló una disolución de 250 µL del sobrenadante y fueron colocados en matraces de 25 ml, dentro de ellos se añadió 15 ml de agua destilada y 1,25 de reactivo Folin – Ciocalteu, mencionado por los autores Amyrgialaki y Makris, (2014), fueron almacenados por 8 min en un ambiente oscuro. Se añadió 3,75 ml de carbonato de sodio al 7,5% y se dejó durante 2 hs antes de medir la absorbancia a 765 nm en el espectrofotómetro. El contenido de polifenoles de los extractos se expresó como (µg/g) equivalencia de ácido gálico presente en la muestra (GAE).

#### 2.5 Diseño Experimental

El diseño Box – Behnken es un método de superficie respuesta esférica que consta de un punto central, puntos medios en los bordes de un cubo y requiere de menos experimentos (Mugwagwa, 2019). La investigación trabajo con tres factores (velocidad de centrifuga ( $X_1$ ), tiempo de extracción ( $X_2$ ) y MP/Solvente ( $X_3$ )) con tres niveles para cada factor. Se evaluaron los efectos lineales y curvatura de las variables independientes, posteriormente se analizó mediante repuestas múltiples basadas en la deseabilidad usando el programa Statistica 7 versión 13,2. El diseño experimental consistió en doce ensayos con tres puntos centrales, realizados por triplicado, el diseño aplicado puede observarse en la Tabla N°1..

**Tabla 1.** Los niveles codificados y puntos centrales de los parámetros utilizados en el diseño experimental de caracterización de antocianinas y fenoles totales.

Factores	Rangos y niveles		
	Bajo (-1)	Medio (0)	Alto (+1)
Centrifugado (rpm)	300	400	500
Tiempo (min)	15	30	45
MP/Solvente (g/L)	1:10	1:20	1:30

Tratamientos	RPM	Tiempo	MP/Sol	Antocianinas (mg/100 g)	Fenoles (mg/g GAE)
1	-1	-1	0	34,71 ±0,02 <sup>a</sup>	2,35 ±0,02 <sup>h</sup>
2	1	-1	0	28,65 ±0,23 <sup>b</sup>	2,93 ±0,05 <sup>g</sup>
3	-1	1	0	26,52 ±0,92 <sup>b</sup>	3,09 ±0,03 <sup>g</sup>
4	1	1	0	20,14 ±0,47 <sup>c</sup>	3,17 ±0,03 <sup>g</sup>
5	-1	0	-1	18,69 ±0,88 <sup>c</sup>	3,87 ±0,21 <sup>f</sup>
6	1	0	-1	16,37 ±0,44 <sup>cd</sup>	2,29 ±0,20 <sup>h</sup>
7	-1	0	1	18,34 ±0,45 <sup>c</sup>	5,80 ±0,12 <sup>c</sup>
8	1	0	1	16,04 ±0,46 <sup>cd</sup>	4,31 ±0,14 <sup>e</sup>
9	0	-1	-1	13,09 ±0,01 <sup>d</sup>	4,18 ±0,20 <sup>ef</sup>
10	0	1	-1	7,85 ±0,04 <sup>e</sup>	7,69 ±0,12 <sup>b</sup>
11	0	-1	1	26,37 ±0,67 <sup>b</sup>	8,20 ±0,03 <sup>a</sup>
12	0	1	1	35,56 ±0,16	4,82 ±0,05 <sup>d</sup>
13	0	0	0	27,01 ±0,23 <sup>b</sup>	8,31 ±0,05 <sup>a</sup>
14	0	0	0	27,35 ±0,66 <sup>b</sup>	8,19 ±0,02 <sup>a</sup>
15	0	0	0	26,90 ±0,95 <sup>b</sup>	8,08 ±0,01 <sup>ab</sup>

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1 Compuesto bioactivos: Antocianinas y fenoles totales

Para evaluar el efecto de la interacción de los factores tanto para el contenido de antocianinas y fenoles totales, se realizaron diferentes experimentos utilizando el diseño Box-Behnken. Como se observa en la Tabla 1, la cáscara de arándano presenta un alto contenido de antocianinas 7 a 35,69 mg/100 g y 2,29 a 8,31 mg/g GAE para los fenoles totales, similares valores registraron Dongnan y Xianjun (2017) en cáscaras de arándano. Sin embargo, Ongkowijoyo y Gonzalez de Mejia (2018) y Han y Tao (2018) registraron resultados inferiores 6,83 y 7,00 mg/ 100 g de antocianinas, respectivamente, esto puede atribuirse al método de agitación y la relación del solvente/materia prima que influyen sobre la adsorción de antocianinas presentes en los extractos.

El tratamiento con mayor contenido de antocianinas fue trabajando una velocidad de 400 rpm en una relación MP/Solvente de 1:30 durante 45 min de extracción (Tabla 1), este resultado concuerda con lo encontrado por Stevenson y Scalzo (2012) y Dotta et

al. (2014) quienes registrarán valores en la cáscara de arándano entre 5,2 a 39,1 y de 4,5 a 36,49 mg/100 g, respectivamente. Sin embargo, Figueredo (2015) indica que las antocianinas se encuentran en la cáscara pero en mayor proporción en la pulpa del fruto.

El análisis de varianza (ANOVA) permite conocer cuánta variación produce cada factor con respecto a la variable respuestas. Las variables independientes tiempo (min), la velocidad de centrifuga (rpm) y la relación MP/Solvente conjuntamente con la interacción tiempo\*relación de MP/Solvente influyen sobre el contenido de fenoles totales, además de la interacción velocidad\*tiempo sobre el contenido de antocianinas totales (Tabla 2).

Respecto a la falta de ajuste (LOF), que indica la variación de los datos alrededor del modelo ajustado y al trabajar con puntos centrales se calcula el error puro, por lo que, si el modelo no se ajusta bien a los datos, esto será significativo. En este estudio con respecto al contenido total de antocianinas y fenoles, el LOF resultó significativo, lo que indica una buena respuesta al modelo. El coeficiente de regresión del modelo de determinación ( $R^2$ ) para antocianinas y fenoles totales fue de 99 y 96 %, respectivamente. Esto es razonable, dado que los resultados experimentales indican un buen ajuste de la variabilidad de los datos al modelo y solo queda 1 y 4% de variabilidad residual para antocianinas y fenoles totales, respectivamente. A partir de los resultados estadísticos anteriores, se puede inferir que el diseño de Box-Behnken fue adecuado para predecir la cuantificación de antocianinas y fenoles dentro del rango de variables estudiadas.

**Tabla 2.** Tabla de ANOVA del contenido total de Antocianinas

<b>Factores</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-value</b>	
<b>Antocianinas totales</b>						
(1) RPM (L)	72,739	1	72,7390	74,9234	0,000000	Significativo
RPM (Q)	16,050	1	16,0500	16,5320	0,000804	Significativo
(2) Tiempo (L)	40,539	1	40,5387	41,7562	0,000006	Significativo
Tiempo (Q)	26,297	1	26,2973	27,0871	0,000072	Significativo

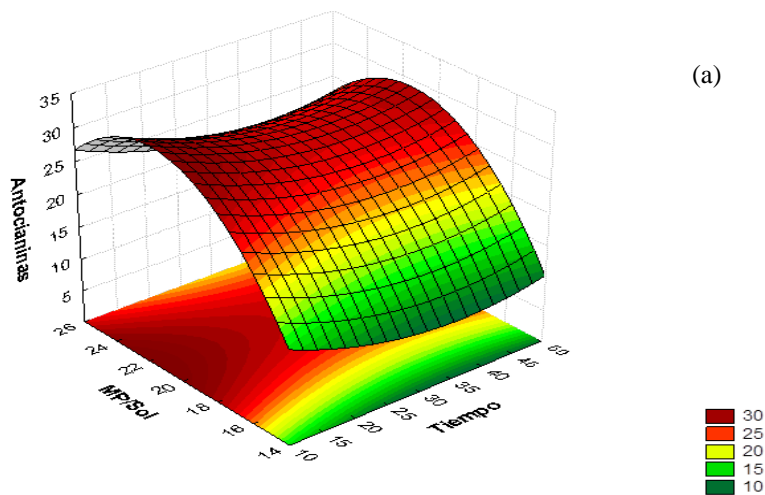
(3) MP/Sol(L)	406,054	1	406,0539	418,2482	0,000000	Significativo
MP/Sol(Q)	503,150	1	503,1499	518,2601	0,000000	Significativo
1L by 2L	0,054	1	0,0536	0,0552	0,817046	
1L by 3L	0,001	1	0,0005	0,0005	0,981742	
2L by 3L	104,137	1	104,1366	107,2640	0,000000	Significativo
Lack of Fit	556,252	3	185,4173	190,9856	0,000000	
Pure Error	16,504	17	0,9708			
Total SS	1754,439	29				
$R^2 = 0,99$ ; $R^2$ Ajustado = 0,98						

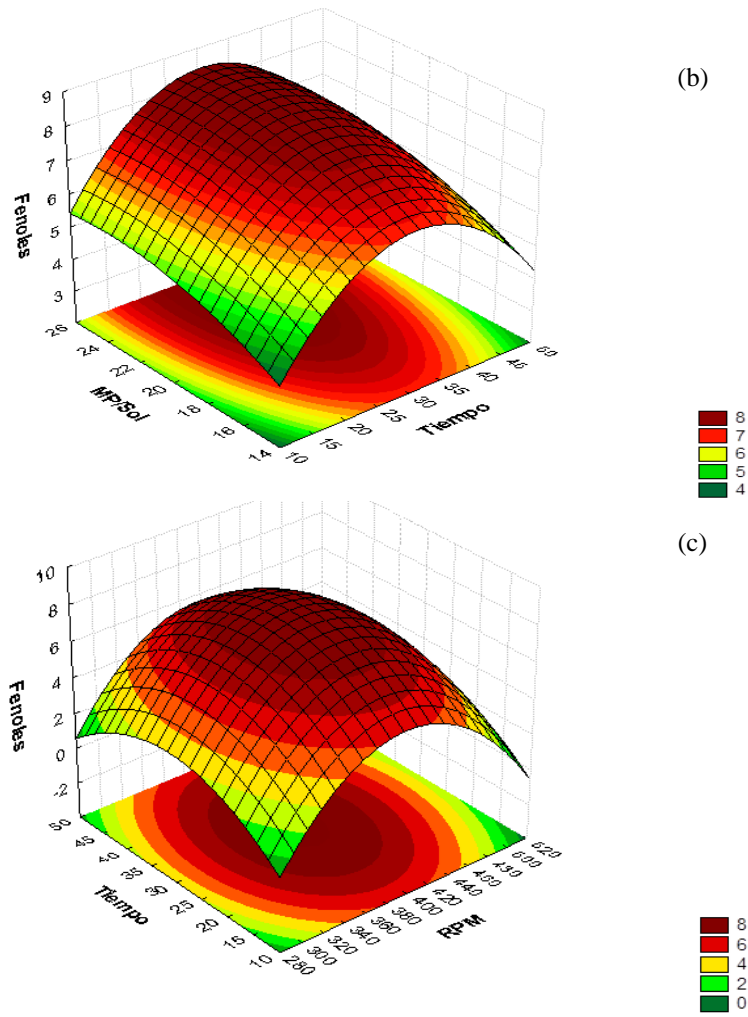
<b>Fenoles totales</b>						
(1) RPM (L)	1,4646	1	1,4646	109,572	0,000000	Significativo
RPM (Q)	102,8237	1	102,8237	7692,777	0,000000	Significativo
(2) Tiempo (L)	0,3047	1	0,3047	22,798	0,000176	Significativo
Tiempo (Q)	18,3535	1	18,3535	1373,118	0,000000	Significativo
(3) MP/Sol(L)	6,4911	1	6,4911	485,636	0,000000	Significativo
MP/Sol(Q)	1,1397	1	1,1397	85,266	0,000000	Significativo
1L by 2L	0,1192	1	0,1192	8,920	0,008287	Significativo
1L by 3L	0,0036	1	0,0036	0,270	0,610164	
2L by 3L	23,8065	1	23,8065	1781,086	0,000000	Significativo
Lack of Fit	5,6347	3	1,8782	140,520	0,000000	
Pure Error	0,2272	17	0,0134			
Total SS	153,2284	29				
$R^2 = 0.96$ ; $R^2$ Ajustado = 0,94						

Por otro lado, Santos-Buelga y Gonzalez-Paramas (2018) indicaron que la estabilidad de las antocianinas se ve afectada por varios factores como el pH, temperatura, concentración, tiempo de extracción, luz y disolventes, factores que también tienen un fuerte impacto en el color. Además, Cássia-Gomes y Ramalho-Procopio (2018) estudiaron el efecto de la relación MP/solvente, identificando que una mayor cantidad de solvente, produce extractos más diluidos con bajo contenido de antocianinas. Paes-Juliana (2014) reportó el contenido fenólico de 3,6 mg/g, al ser sometido a un tiempo de extracción de 45 min luego se deshidratado a 40 °C por 5 días. Aunque, Riihinen (2008) registro un aumento de antocianinas y fenoles totales a lo largo del tiempo de extracción y velocidad de centrifugación. Wang et al., (2008) encontraron valores más altos de TPC presentes en el arándano de *V. corymbosum*, los cuales concuerdas los resultados hallados (1,76 a 8,79 mg/g GAE).

### 3.2. Determinación de los parámetros mediante gráficos de superficie y múltiples respuestas en función a la deseabilidad.

Se ha observado a partir de ANOVA (Tabla 2) que los efectos cuadráticos en todos los factores son significativos en el contenido de antocianinas y fenoles totales. Los valores están representados gráficamente en la Figura 1. La interacción MP/Solvente y tiempo influyen significativamente en la cantidad de antocianinas (Fig. 1(a)), con el punto correspondiente a la combinación de los factores que posibilitaron el mejor contenido de las variables respuestas, se identifico las mejores condiciones de extracción comprendidas en el rango de 1:20 y 1:30 de MP/Solvente con un tiempo entre 30 a 45 min .





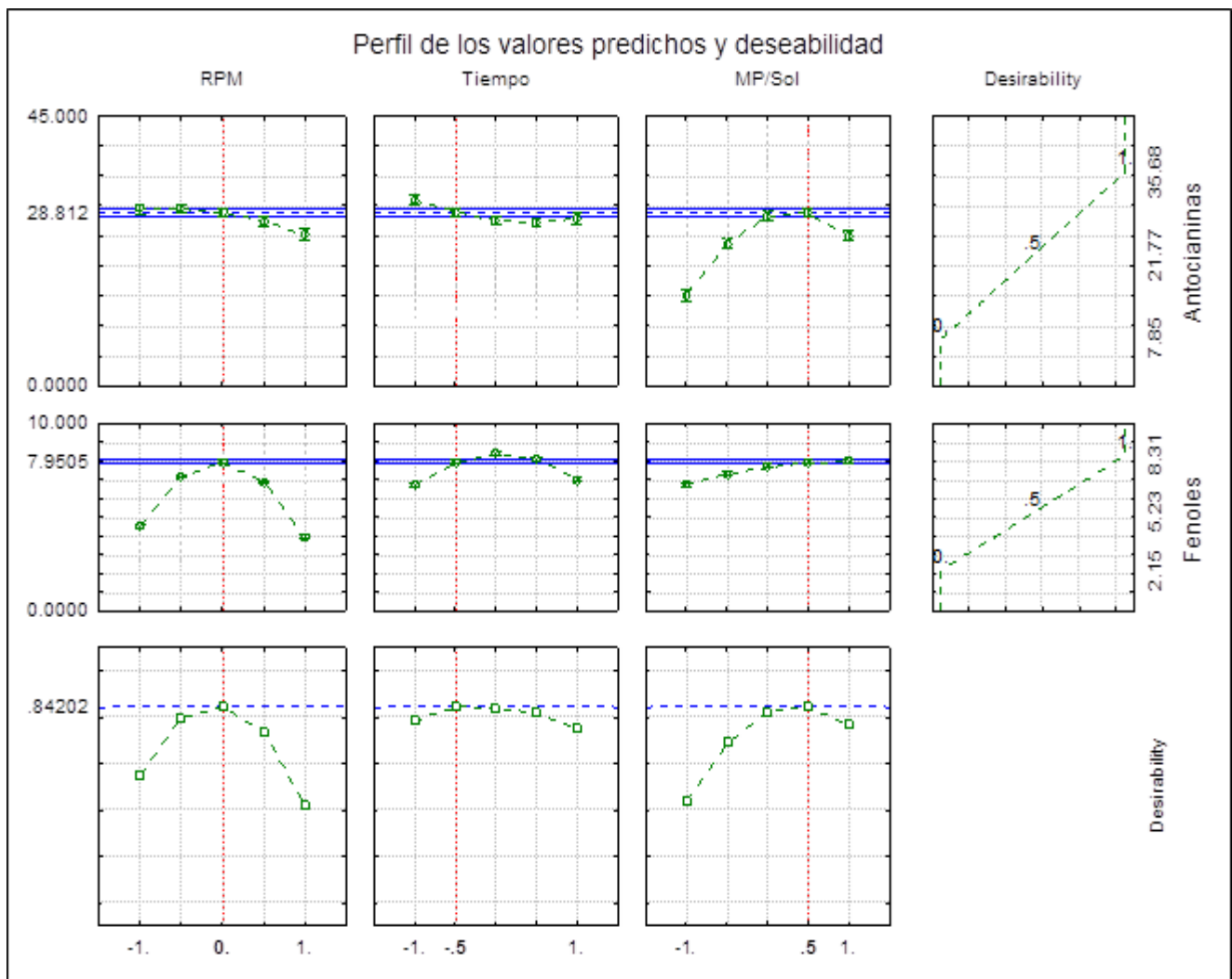
**Figura 1**

superficie Relación MP/Solvente\*Tiempo sobre el contenido antocianico(a),  
 MP/Solvente\*Tiempo (b) y Tiempo\*Velocidad (c) sobre los fenoles totales.

La Fig. 1 (b) y (c) muestran las estimaciones del contenido de fenoles totales en función a la relación MP/Solvente\*tiempo y tiempo\*velocidad de centrifugado. A un tiempo intermedio tiempo y en una relación MP/Solvente entre 1:10 a 1:30 a una velocidad de centrifugación de 400 rpm mayor será el contenido fenólico luego del proceso de extracción de la cáscara de arándano. Un similar comportamiento registro Vilma (2015) para el contenido fenólico de la cáscara de arándano, que atribuyó el incremento de este compuesto a la relación MP/solvente\*tiempo\*velocidad de centrifugado por la ruptura de la membrana en el proceso de extracción. Sin embargo, Sharif (2018) y

Gomez (2019)., indicaron que la influencia solo se debe a la interacción de la relación MP/Solvente\*tiempo. Aunque, Magdalena y Ana (2016) encontraron que la interaccion tiempo\* velocidad de centrifugado influyen en el contenido de fenoles totales presentes en los residuos de arándano y Gomez, (2019) afirma que trabajar a una temperatura de 40 °C incrementa el contenido de este compuesto.

La evaluacion de los datos experimentales fue posible aplicando la teoría de multiples respuestas basada en la deseabilidad, lo que permitió estudiar la influencia de la variacion de los niveles de cada factor en estudio (Velocidad de centrifugado, tiempo y relación MP/Solvente). De acuerdo a la Fig. 1 el contenido de antocianinas y fenoles aumentó en funcion al tiempo\*relacion MP/Solvente, aunque para el caso de los fenoles la interacción tiempo\*velocidad tambien influyes en la obtucioen de este compuesto. Para garantizar la obtención de parámetros que permitan maximizar el contenido de antocianina y fenoles totales se realizo un grafico de deseabilidad (Fig. 2). En cuanto al método de deseabilidad las condiciones tanto para los factores como el posible resultado a encontrar de compuestos bioactivos son los siguientes: velocidad de centrifugacion 400 rpm con una relacion 1:25 por 20 minutos en el proceso de extracion permitiria obtener un maximo 28 mg/100 gr de antocininas y 7 mg/g GAE de fenoles totales.



**Figura 2** Gráfica de deseabilidad para maximizar la extracción de compuestos antocianicos y fenoles totales

#### 4 Conclusión

La reutilización de los residuos producidos por la industria alimentaria representa una buena alternativa para el estudio de compuestos bioactivos. Los resultados de los factores analizados (velocidad, tiempo y MP/Solvente) fueron entre 7,29 y 35,56 mg/100 g de antocianinas, el contenido de fenoles fue de 2,29 y 8,20 mg/g GAE la interacción de factores MP/Solvente – tiempo, rpm - tiempo fueron significativamente para las variables respuestas. Se obtuvieron los parámetros para maximizar la extracción de los fenoles y antocianinas por el método de la deseabilidad: 400 rpm a 20 min con una relación MP/Solvente 1:25. Los gráficos de superposición de contorno y deseabilidad



demonstraron ser una técnica efectiva para modelar los efectos paramétricos de antocianinas y fenoles. Es decir, el modelo de múltiples respuestas puede proporcionar resultados estadísticamente fiables para las mejoras de extracción de diferentes compuestos.

## Referencias

Amyrgialaki , E., & P. Makris , D. (2014). Optimisation of the extraction of pomegranate (Punica granatum) husk phenolics using water/ethanol solvent systems and response surface methodology. *El Sevier*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.05.011>

Angiolillo , L., Del Nobile, M., & Conte , A. (2015). The extraction of bioactive compounds from food residues using microwaves. *El Sevier*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.10.001>

Cássia Gomes , J., & Ramalho Procopio , F. (2018). Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from jussara (Euterpe edulis M.) and blueberry (Vaccinium myrtillus) fruits. *Food Science and Technology*. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.36316>

Dongnan, L., & Xianjun, M. (2017). Polyphenols, anthocyanins, and flavonoids contents and the antioxidant capacity of various cultivars of highbush and half-high blueberries. *El Sevier*. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2017.03.006>

Espada Bellido , E. (2016). Optimization of the ultrasound-assisted extraction of anthocyanins and total phenolic compounds in mulberry (Morus nigra) pulp. *ElSevier* . doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.122>

Figueredo. (2015). Antioxidant activity of anthocyanins from quixabeira (Sideroxylon obtusifolium). *Brasil Campinas*.

- Gomez, M. (2019). Influence of drying processes on anthocyanin profiles, total phenolic compounds and antioxidant activities of blueberry (*Vaccinium corymbosum*). *LWT Food Science and Technology*. doi:  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108931>
- Han, Y., & Tao, Y. (2018). Ultrasound assisted adsorption and desorption of blueberry anthocyanins. *El Sevier*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.06.016>
- Kraujalyte, V., & Rimasa Venskutonis, P. (Diciembre de 2015). Antioxidant properties, phenolic composition and potentiometric sensor array evaluation of commercial and new blueberry (*Vaccinium corymbosum*) and bog blueberry (*Vaccinium corymbosum*) and bog blueberry (*Vaccinium corymbosum*) and bog blueberry. *ElSevier*, 188, 583-590. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.031>
- L.R. Mugwagwa, A. C. (8 de Mayo de 2019). Box-Behnken design based multi-objective optimisation of sequential extraction of pectin and anthocyanins from mango peels. *Elsevier*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.05.015>
- Li, Y., & Kailing, C. (2019). Comparative analysis of anatomy, gene expression of *Vaccinium corymbosum* cyclins and cyclin dependent kinases during the flower bud and fruit ontogeny. *ElSevier*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.03.028>
- Linards, K. (2018 ). Berry press residues as a valuable source of polyphenolics: Extraction optimisation and analysis. *El Sevier* . doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.021>
- Magdalena, Z., & Ana, M. (2016). Microwave-Assisted Drying of Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Fruits:Drying Kinetics, Polyphenols, Anthocyanins, Antioxidant Capacity, Colour and texture. *Food Chemistry*. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.06.003>

- Masci , A. (2016). Evaluation of different extraction methods from pomegranate whole fruit or peels and the antioxidant and antiproliferative activity of the polyphenolic fraction. *El Sevier*. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.106
- Masci , A. (2016). Evaluation of different extraction methods from pomegranate whole fruit or peels and the antioxidant and antiproliferative activity of the polyphenolic fraction. *Food Chemistry - El Sevier*. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.106
- Muhammad, S. (2018). Effect of pectinolytic and cellulytic enzymes on the physical, chemical, and antioxidant properties of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) juice. *Food Science and Technology*. doi:https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.008
- Ongkowijoyo, P., & Gonzalez de Mejia, E. (2018). Extraction techniques and analysis of anthocyanins from food sources by mass spectrometry: An update. *Food Chemistry*. doi:https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.055
- Paes , J., Dotta , R., Barbero , G., & Martinez , J. (2014). Extraction of phenolic compounds and anthocyanins from blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) residues using supercritical CO<sub>2</sub>. *El Sevier*. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2014.07.025
- Riihinen, K. (2008). Organ-specific distribution of phenolic compounds in bilberry (*Vaccinium myrtillus*) and 'northblue' blueberry (*Vaccinium corymbosum* V. *angustifolium*). *El Sevier*. doi:10.1016/j.foodchem.2008.01.057
- Santos-Buelga, C., & Gonzalez-Paramas, A. M. (2018 ). Anthocyanins. *El Sevier* .

- Sharif, I. (2018). Microwave pretreatment and optimization of osmotic dehydration of wild blueberries using response surface methodology. *ElSevier*, 269, 300-310. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.087>
- Siddiq, M. (2018). Effect of pectinolytic and cellulytic enzymes on the physical, chemical, and antioxidant properties of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) juice. *El Sevier*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.008>
- Stevenson , D., & Scalzo , J. (2012). Anthocyanin composition and content of blueberries from around the world. *Journal of Berry Research*. doi:10.3233/JBR-2012-038
- Vilma, K. (2015). Antioxidant properties, phenolic composition and potentiometric sensor array evaluation of commercial and new blueberry (*Vaccinium corymbosum*) and bog blueberry (*Vaccinium uliginosum*) genotypes. *El Sevier*. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.031>
- Xinran, L. (2016). An efficient homogenate-microwave-assisted extraction of flavonols and anthocyanins from blackcurrant marc: Optimization using combination of Plackett-Burman design and Box-Behnken design. *ElSevier*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.063>