



Trabajo de Fin de Estudios  
Grado en Ingeniería Química Industrial

Diseño del proceso de extracción de  
polifenoles a partir de alperujo de  
aceite para posterior uso en  
fabricación de crema cosmética  
natural

Autor: Javier Crespo

Tutor: Julián Lebrato

27/9/21

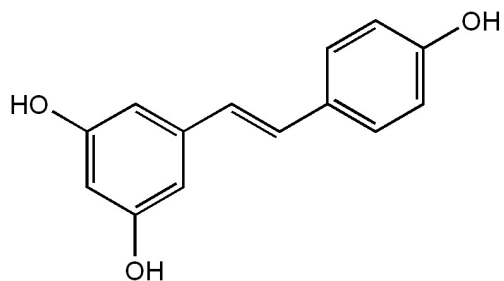
# Índice

---

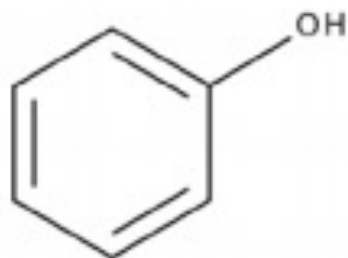
1. **Introducción**
2. Objetivo
3. Procedimiento
4. Resultados
5. Conclusiones

# Qué son los polifenoles

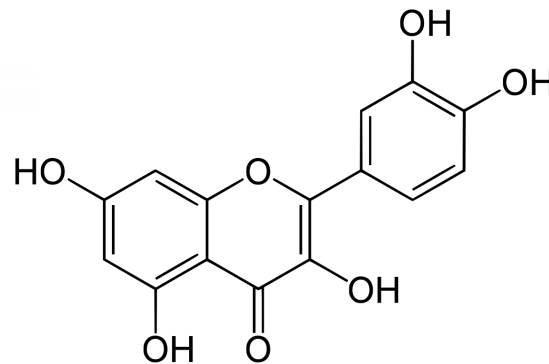
FLAVONOIDES



Resveratrol



ANTIOXIDANTES



Quercetina

## Qué son los polifenoles

---

### **INGESTA**

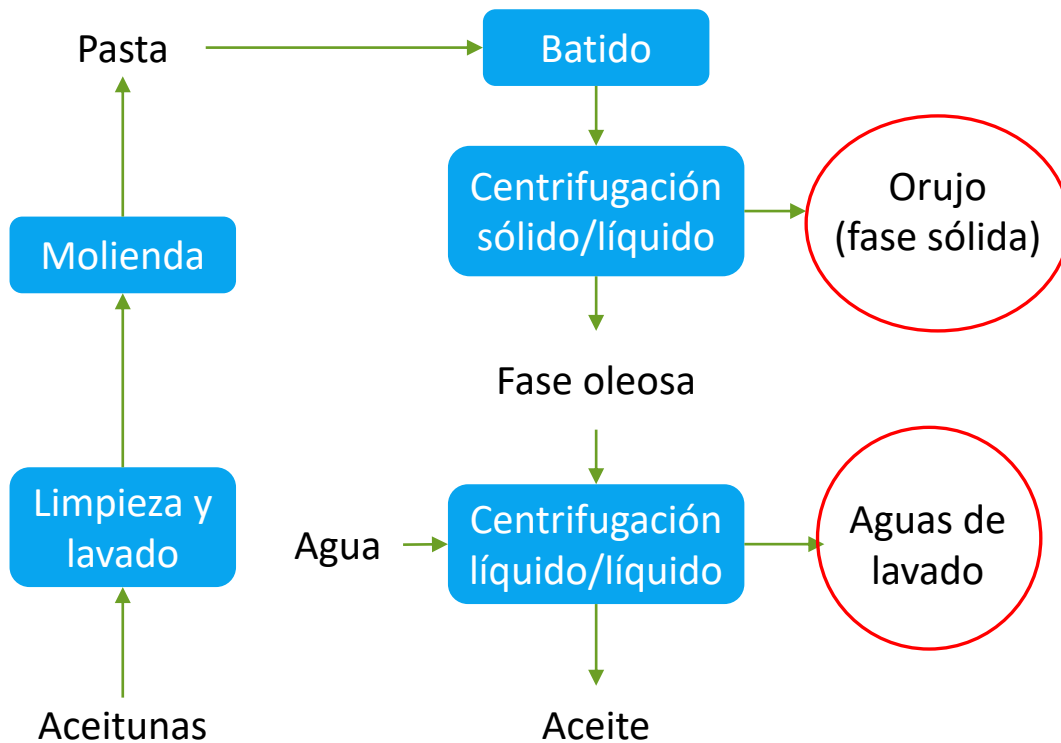
- Efectos vasodilatadores
- Efectos antiinflamatorios
- Mejoran el perfil lipídico

### **APLICACIONES**

- Alimentaria
- Farmacéutica
- Cosmética



# Qué es el alperujo



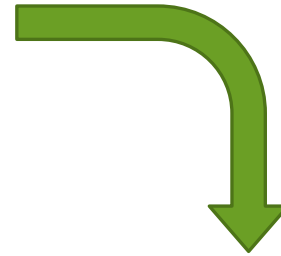
# Índice

---

1. Introducción
2. **Objetivo**
3. Procedimiento
4. Resultados
5. Conclusiones

# Objetivo

---



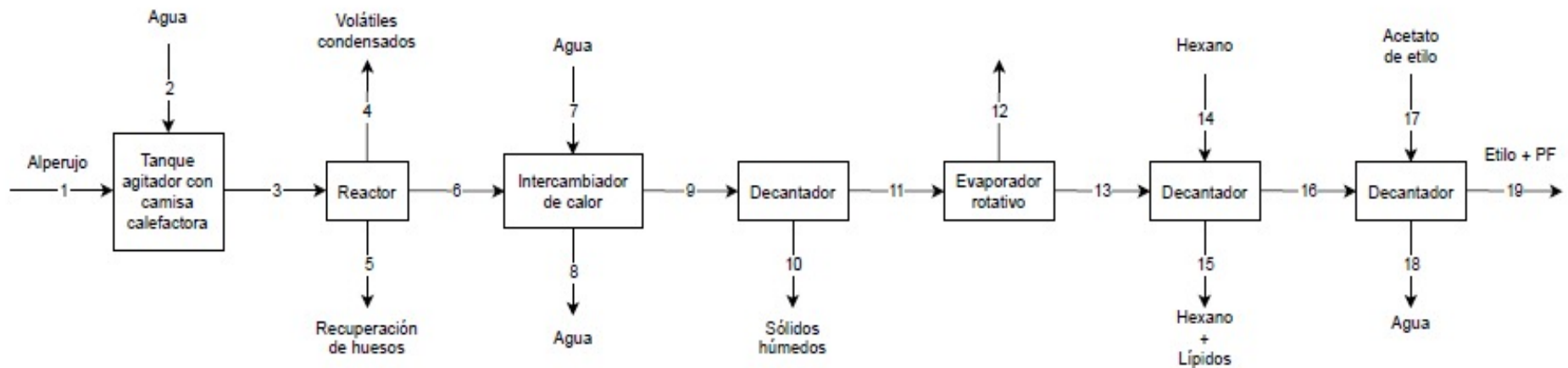
# Índice

---

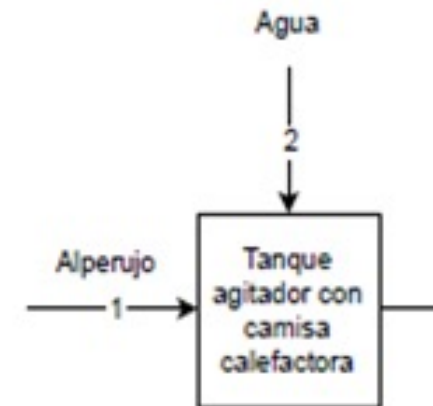
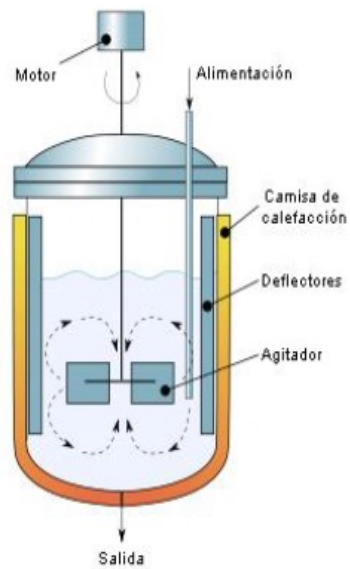
1. Introducción
2. Objetivo
- 3. Procedimiento**
4. Resultados
5. Conclusiones



# Diagrama de Flujo de Proceso

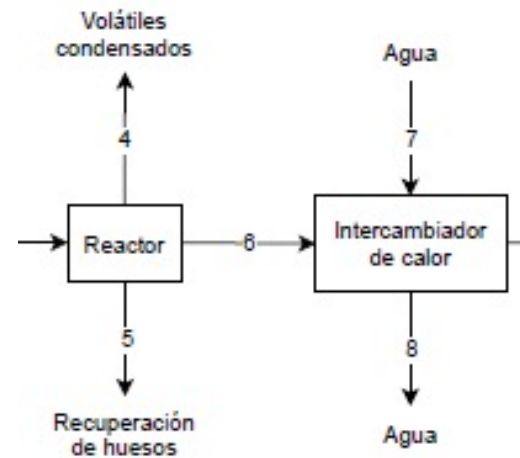
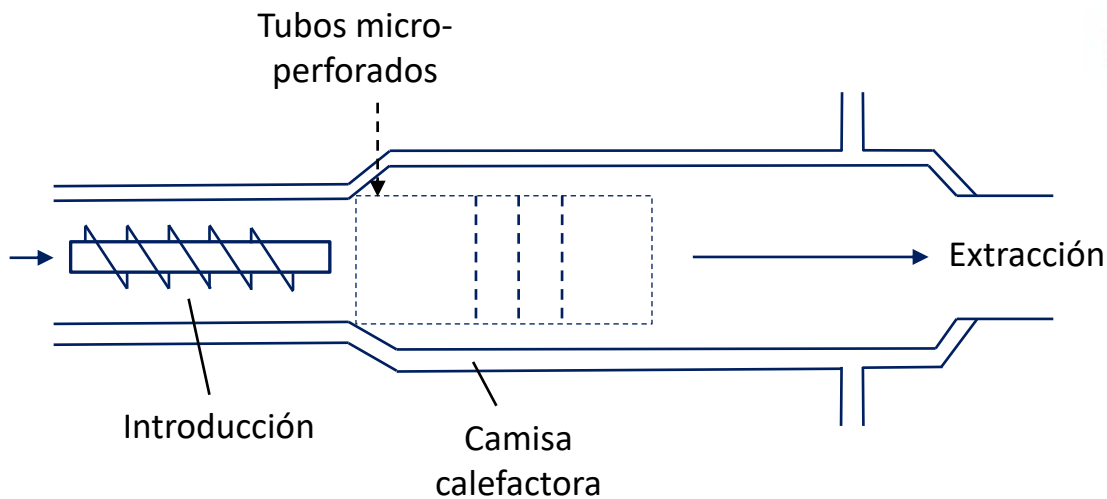


# Pre-calentamiento



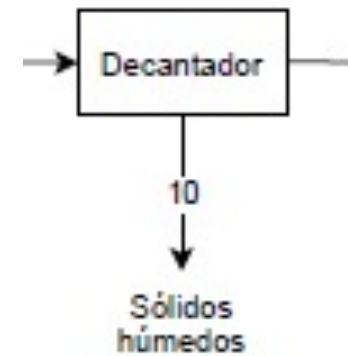
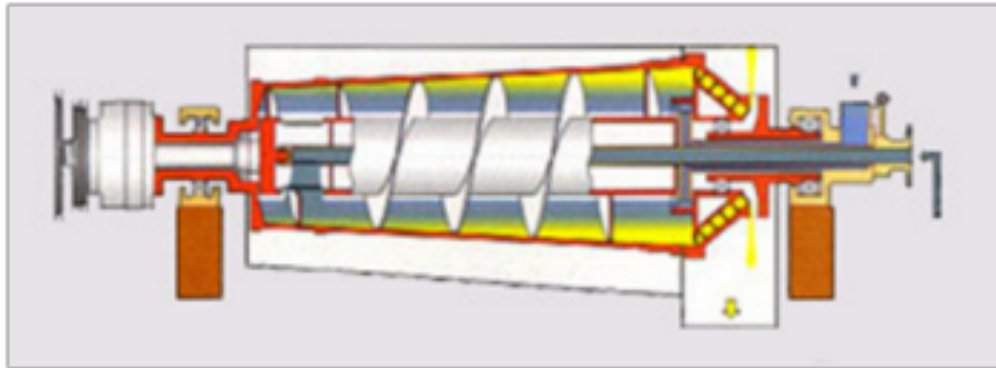
**5% Agua**  
**50-70 °C**  
**30-180 min**

# Tratamiento térmico

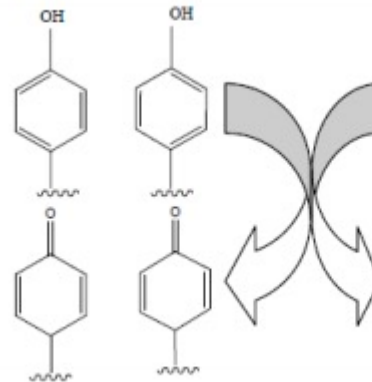


**100 °C**  
**210 min**

# Centrifugación



Ensayo de Folin-Ciocalteu



Reactivo de Folin (W<sup>6+</sup>, Mo<sup>6+</sup>) color amarillo

Reactivo de Folin reducido (W<sup>5+</sup>, Mo<sup>5+</sup>) color azul

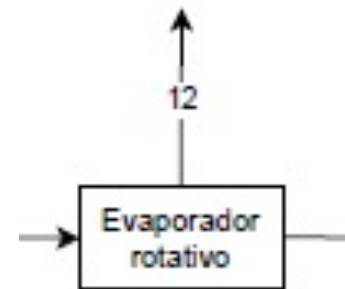
# Evaporación

---



**$T_{eb} = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$**   
 **$149,4\text{ torr} \approx 0,2\text{ bar}$**

**↓90% H<sub>2</sub>O**



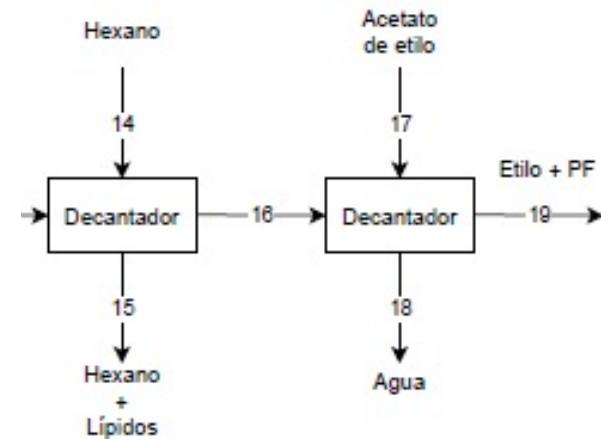
# Extracción de polifenoles

## Lípidos

500 mL hexano / 1 L muestra

## Agua

500 mL acetato de etilo / 200 mL muestra  
A reflujo, 77 °C



# Índice

---

1. Introducción
2. Objetivos
3. Procedimiento
- 4. Resultados**
5. Conclusiones

# Balance de masa

BASE DE CÁLCULO	100	Unidades	1	2	3a	3b	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Caudal másico	kg/h	100	5	105	105	0,01	38,4	66,59	96,54	96,54	66,59	61,89	4,7	2,43	2,27	1,135	2,985	0,42	1,05	0,27	1,1775	
Presión	bar	1	1	1	6	6	6	6	1	1	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Temperatura	°C	25	25	60	60	100	100	100	25	45	60	55	55	60	60	25	45	45	25	35	35	
Estado	S/L/G	S/L	L	S/L	S/L	G	S	S/L	L	L	S/L	S	L	G	L	L	L	L	L	L	L	
Agua	kg/h	7	5	12	12	0	9	3	96,54	96,54	3	0,3	2,7	2,43	0,27	0	0	0,27	0	0,27	0	
Hexano	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,135	1,135	0	0	0	0	
Acetato de etilo	kg/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,05	0	1,05	
Materia inorgánica	kg/h	3	0	3	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Materia orgánica	kg/h	88	0	88	88	0,01	26,4	61,59	0	0	61,59	61,59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Polifenoles	kg/h	0,15	0	0,15	0,15	0	0	0,15	0	0	0,15	0	0,15	0	0,15	0	0	0,15	0	0	0,1275	
Lípidos	kg/h	1,85	0	1,85	1,85	0	0	1,85	0	0	1,85	0	1,85	0	1,85	0	1,85	0	0	0	0	

## Fase sólida

- Humedad 20-50%
- Extracción aceite
- Biocombustible

## Fase oleosa

- ↑ Calidad aceite

## Fase líquida

- Libre de fangos
- Solubilización de compuestos fenólicos



# Viabilidad económica

Producción PF	90	g/h	Inversión inicial	594000	€	Consumo eléctrico bomba	13,1	€/kWh		
PVP	4,00	€/g	Costes fijos	23760	€/mes	Coste agua añadida	0,18	€/h		
PVD	2,50	€/g	Costes variables	36481,106	€/mes	Consumo combustible	40	L/100 km		
Horas al día de producción	10	h	Coste agua añadida	50,4	€/mes	Distancia recorrida	500	km/día		
Ganancias	2250	€/día	Consumo eléctrico bomba	3668	€/mes	Precio combustible	1,5	€/L		
Días al mes de producción	28	días	Transporte	8400	€/mes	Número trabajadores	12	personas		
Ganancias	63000	€/mes	Personal	18000	€/mes	Precio acetato de etilo	10	€/kg		
BAI	2758,89	€/mes	Coste acetato de etilo	2940	€/mes	Precio hexano	10,77	€/kg		
BDI	2069,17	€/mes	Coste hexano	3422,706	€/mes	Precio camión cisterna	80000	€		
Impuestos	25,00	%				Coste del terreno	50000	€		
	Casilla modificable					Equipamiento	80000	€		
						Tanque agitador	10000	€		
						Bomba	5000	€		
						Reactor	20000	€		
						Decantador1	15000	€		
						Evaporador	20000	€		
						Decantador2	5000	€		
						Decantador3	5000	€		
						Factor de instalación (Fi)	5,8			
Retorno de la inversión	Años									
€	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	- 594.000 €	- 571.239 €	- 548.478 €	- 525.717 €	- 502.956 €	- 480.196 €	- 457.435 €	- 434.674 €	- 411.913 €	- 389.152 €
		11	12	13	14	15	16	17	18	19
		- 343.630 €	- 320.869 €	- 298.109 €	- 275.348 €	- 252.587 €	- 229.826 €	- 207.065 €	- 184.304 €	- 161.543 €
										20
										- 138.782 €



# Viabilidad económica

$\eta = 0,60$

Producción PF	90	g/h	Inversión inicial	594000	€	Consumo eléctrico bomba	13,1	€/kWh
PVP	4,00	€/g	Costes fijos	23760	€/mes	Coste agua añadida	0,18	€/h
PVD	2,40	€/g	Costes variables	34981,106	€/mes	Consumo combustible	40	L/100 km
Horas al día de producción	10	h	Coste agua añadida	50,4	€/mes	Distancia recorrida	500	km/día
Ganancias	2160	€/día	Consumo eléctrico bomba	3668	€/mes	Precio combustible	1,5	€/L
Días al mes de producción	28	días	Transporte	8400	€/mes	Número trabajadores	11	personas
Ganancias	60480	€/mes	Personal	16500	€/mes	Precio acetato de etilo	10	€/kg
BAI	1738,89	€/mes	Coste acetato de etilo	2940	€/mes	Precio hexano	10,77	€/kg
BDI	1304,17	€/mes	Coste hexano	3422,706	€/mes	Precio camión cisterna	80000	€
Impuestos	25,00	%				Coste del terreno	50000	€
Casilla modificable						Equipamiento	80000	€
						Tanque agitador	10000	€
						Bomba	5000	€
						Reactor	20000	€
						Decantador1	15000	€
						Evaporador	20000	€
						Decantador2	5000	€
						Decantador3	5000	€
						Factor de instalación (Fi)	5,8	
Retorno de la inversión	Años							
	1	2	3	4	5	6	7	8
€	- 594.000 €	- 579.654 €	- 565.308 €	- 550.962 €	- 536.616 €	- 522.271 €	- 507.925 €	- 493.579 €
	11	12	13	14	15	16	17	18
	- 436.195 €	- 421.849 €	- 407.504 €	- 393.158 €	- 378.812 €	- 364.466 €	- 350.120 €	- 335.774 €
								9
								10
								- 479.233 €
								- 464.887 €
								- 450.541 €
								- 321.428 €
								- 307.082 €



# Índice

---

1. Introducción
2. Objetivo
3. Procedimiento
4. Resultados
5. **Conclusiones**

# Medidas de mejora

---

➤ Sistema producción continuo

↑ costes e inversión inicial / ↓ vida útil instalación

➤ Buen mantenimiento

↑ vida útil instalación / ↑ años explotación

➤ Reducir costes de operación

➤ ↑ PVD / PVP crema cosmética

➤ ↑  $\eta$

# Otras vías de explotación

---

- Recuperación de huesos
  - *compost o fertilizante*
- Extracción de sólidos húmedos
  - *aceite o biocombustible*
- Lípidos de fase oleosa
  - *jabón, perfumes, bebidas*





Trabajo de Fin de Estudios  
Grado en Ingeniería Química Industrial

Diseño del proceso de extracción de polifenoles a partir de alperujo de aceite para posterior uso en fabricación de crema cosmética natural

---

Gracias por su atención