



## Control e interpretación de los VOC y la formación de ésteres en ensilados de maíz

En el silo de maíz se han encontrado más de doscientos compuestos orgánicos volátiles (VOC) y, aunque pueden aparecer en otros forrajes ensilados, es en este cultivo donde se localizan en mayor diversidad y cantidad. Dentro de estos, los etil ésteres son quizá los más problemáticos y a los que hay que prestar mayor atención, ya que perjudican de forma directa el consumo y la producción de las vacas. A ellos dedicamos el siguiente estudio.

**Alexandre Udina**  
 Director técnico de Adial  
 e-mail: alexudina@adial.es

Los VOC (*Volatile Organic Compounds*) incluyen una gran variedad de compuestos químicos en forma de gas que se evaporan con facilidad y que, además, pueden tener efectos adversos para la salud humana, es decir, su presencia en el aire puede provocar alergias, problemas respiratorios, náuseas, irritaciones en la piel y ojos, inmunodepresión, etc. Otro ejemplo negativo es la reacción entre óxidos de nitrógeno y compuestos volátiles orgánicos que producirá ozono.

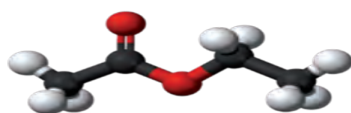
En los ensilados se producen distintos tipos de compuestos volátiles orgánicos (VOC) como los alcoholes (etanol, propanol, butanol...), cetonas, aldehídos, monoterpenos, isoprenos, sesquiterpenos, ácidos carboxílicos y otros compuestos con carbonilo, y los comentados etilos o ésteres. No todos tienen el mismo efecto perjudicial en la contaminación del aire o en efectos adversos para la salud y, aunque se debe intentar reducir su nivel global en cualquier tipo de ensilado, el foco de todos los estudios es intentar reducir los niveles de alcoholes (sobre todo etanol) y evitar la formación de ésteres.

### FORMACIÓN DE ÉSTERES EN LOS ENSILADOS

Los ésteres se producen por dos vías distintas (vía química y vía microbiana):

**Vía química:** con una reacción donde un alcohol (etanol, propanol) se combina con un ácido carboxílico (acético, láctico), dando lugar a un éster:

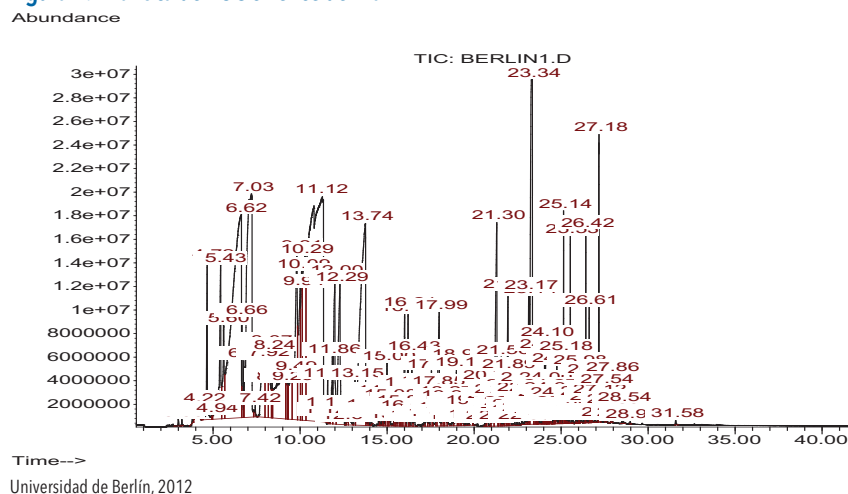
- Etanol + ácido acético = etil acetato
- Etanol + ácido láctico = etil lactato
- Propanol + ácido acético = propil acetato
- Propanol + ácido láctico = propil lactato



Ejemplo etil acetato



Figura 1. Analítica de VOC en silos de maíz



Esta reacción se produce si hay alcoholes y ácidos carboxílicos de la fermentación, pH bajos y ausencia de oxígeno; por tanto, si el silo es muy húmedo y la intensidad de la fermentación muy alta, además de un pH muy ácido (muy bajo), en las zonas más compactadas (tercio inferior) puede darse esta reacción química. Los niveles de alcoholes son los que determinan que se pueda dar la reacción química, no los niveles de láctico o acético; por tanto, niveles altos de etanol (por actividad de levaduras) pueden desencadenar esta formación de ésteres.

Una opción de manejo sería aumentar la MS y evitar silos de maíz con alta humedad, intentando subir MS del 28 % al 32-34 %, sin poner en compromiso la estabilidad aeróbica ni la compactación, ni tampoco reduciendo la digestibilidad forraje si aumenta demasiado la MS y sobre todo reducir la actividad de levaduras, que son las que producen etanol, aunque para ello sea contradictorio con el aumento de MS que

puede perjudicar a la estabilidad aeróbica.

**Vía microbiológica**, donde la composición epifítica del forraje es la que determina que se puedan producir alcoholes (fermentación por levaduras que producen etanol, fermentación por *Lactobacillus diolivorans* que produce propanol, etc.) y también se pueden producir directamente etilos por actividad metabólica de algunas levaduras, que son capaces de producir directamente ésteres. Por ejemplo, hay un tipo de levaduras capaces de producir de forma directa etil acetato.

La composición epifítica (microorganismos presentes en el forraje) es muy variable y distinta en cada campo. Esta variabilidad, así como el desconocimiento de esta composición microbiológica del forraje, hace difícil aplicar cualquier pauta de manejo para corregirla. En este aspecto, la aplicación de un aditivo químico con sorbato o benzoato sí puede dar seguridad. »

# KOFASIL®

## MEJORA LA CALIDAD DE LOS FORRAJES

☑ INOCULANTES BIOLÓGICOS

☑ CONSERVANTES QUÍMICOS

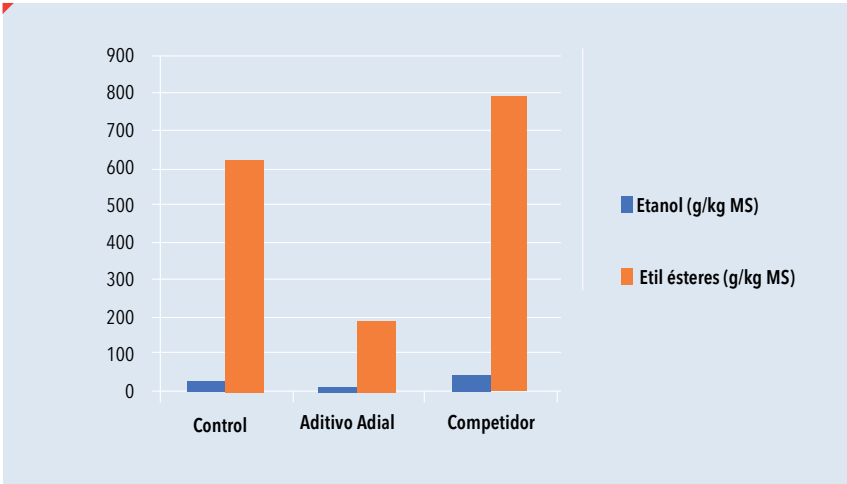


**adial**  
Feed Additives

[www.adial.es](http://www.adial.es)

+34 972 546 155

Figura 2. Efecto aditivo ensilaje en niveles de etanol y etil ésteres en silo de maíz



Uso de aditivos de ensilaje para controlar levaduras, etanol y ésteres en silo maíz (Weis, 2012)

Tabla 1. Los alcoholes del ensilado: etanol vs. propanodiol

| ALCOHOLES EN EL ENSILADO                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Etanol: el malo</b>                                                                                                                |
| Contenidos de etanol > 1,5 % MS son indeseables                                                                                       |
| Las levaduras en ausencia de oxígeno producen etanol                                                                                  |
| Reducción de la estabilidad aeróbica (levaduras)                                                                                      |
| Reducción de la ingesta (etanol → éster) se combina etanol con ácidos carboxílicos y los ésteres resultantes bajan ingesta (son VOC)  |
| <b>Propanodiol (propilenglicol): el bueno</b>                                                                                         |
| Se produce por la fermentación heterofermentativa a través de <i>L. buchneri</i> (no a través de otras bacterias heterofermentativas) |
| Ácido láctico → ácido acético y 1,2 propanodiol                                                                                       |
| Contidos normales con <i>L. buchneri</i> ; 1-6 % DM                                                                                   |
| Fuente de energía y efecto anticetosis en vacas                                                                                       |

Muestras de silo de maíz



Los inoculantes que contienen *Lactobacillus buchneri* producen ácido acético con una acción antifúngica que permite reducir la actividad de levaduras, aunque el tiempo que tardan en producir acético (6-8 semanas) hace que

se pueda recomendar para una acción más inmediata el uso de un aditivo de ensilaje químico compuesto de sorbato, benzoato y propiónico o propionato; para minimizar el coste del aditivo químico, es posible considerar la aplicación

► UNA OPCIÓN DE MANEJO SERÍA AUMENTAR LA MS Y EVITAR SILOS DE MAÍZ CON ALTA HUMEDAD, INTENTANDO SUBIR MS DEL 28 % AL 32-34 %, SIN PONER EN COMPROMISO LA ESTABILIDAD AERÓBICA NI LA COMPACTACIÓN

solo en la parte inferior del silo (tercio de abajo del silo) que es donde suele producirse la formación de los ésteres. La dosis recomendada es de 1,5 a 2 l por t del producto químico combinado.

Otro de los efectos de la heterofermentación por *Lactobacillus buchneri* es la producción, además de acético, de propilenglicol (propanodiol), que reduce los niveles de propanol por una parte y de etanol por la otra (por inhibición de la actividad de levaduras).

CASOS PRÁCTICOS EN GRANJAS CON PROBLEMAS DE CONSUMO POR VOC

En los últimos meses se han reportado dos casos muy parecidos en dos granjas de vacuno de leche (una en Lleida [granja 1] y otra en Galicia [granja 2]) con rechazo casi total al consumo del silo de maíz y con olores muy fuertes en él. En las auditorías de los ensilados y en las analíticas convencionales no se detectó nada extraño, pero el intenso olor a alcohol y, sobre todo, las bajadas en consumo y producción, podían indicar la formación de ésteres (la reacción de un alcohol con un ácido carboxílico) en los silos.

Se realizó una recogida de muestras (según protocolo) de ambos silos para analizar en un laboratorio de Alemania y determinar además de los parámetros fermentativos, la presencia de ésteres: etil lactato, etil acetato, propil lactato y propil acetato.

- Muestras recogidas según el protocolo de la foto
- Materia seca (MS): determinación a 60 °C hasta peso constante, seguido de 3 horas a 105 °C (Weissbach y Kuhla, 1995) ►►



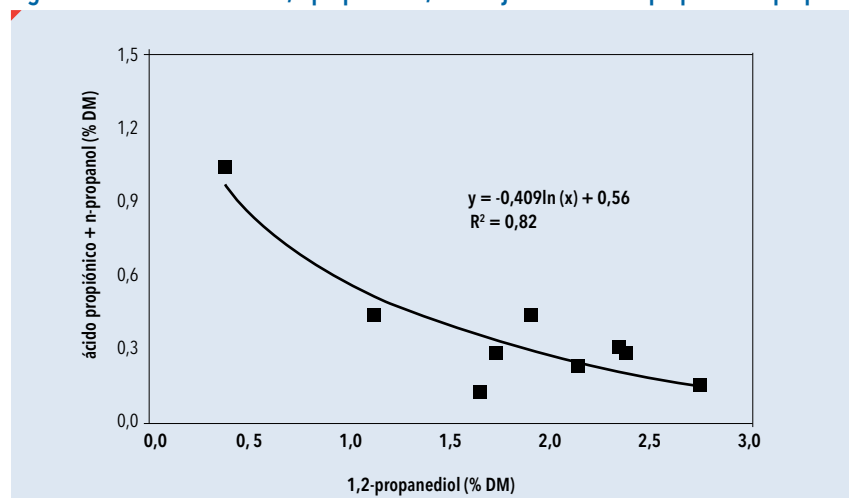
# 2021 figan

[www.figan.es](http://www.figan.es)

**21-24** septiembre | September  
Zaragoza (SPAIN)

**15ª Feria Internacional para la Producción Animal**  
**15th International Animal Production Show**

Figura 3. A valor más alto de 1,2-propanodiol, más bajo es el valor de propiónico/n-propanol



► LA FORMACIÓN DE ESTOS COMPUESTOS (ÉSTERES) ES INDESEABLE PORQUE REDUCEN CONSUMO, POR SU VOLATILIDAD, QUE DARÁ MALOS OLORES Y PÉRDIDAS POR VOLATILIZACIÓN, PÉRDIDAS EN DIGESTIBILIDAD Y ENERGÍA DEL SILO

Tabla 2. Efecto de la localización muestra del silo en la fermentación del silo de maíz de la granja de vacuno de leche de Lleida\*

| Item                            | Izquierda |        |       | Medio (centro) |        |       | Derecha |        |       |
|---------------------------------|-----------|--------|-------|----------------|--------|-------|---------|--------|-------|
|                                 | Arriba    | Centro | Abajo | Arriba         | Centro | Abajo | Arriba  | Centro | Abajo |
| DM <sup>1</sup>                 | 30,9      | 31,7   | 28,0  | 29,9           | 31,4   | 31,2  | 32,0    | 34,9   | 31,6  |
| pH                              | 3,65      | 3,52   | 3,72  | 3,71           | 3,57   | 3,54  | 3,72    | 3,69   | 3,48  |
| NH <sub>3</sub> -N              | 0,14      | 0,10   | 0,13  | 0,13           | 0,12   | 0,10  | 0,12    | 0,11   | 0,07  |
| WSC <sup>2</sup>                | 0,69      | 0,72   | 1,23  | 0,64           | 0,64   | 1,17  | 0,70    | 0,68   | 1,77  |
| Ácido láctico                   | 3,80      | 3,28   | 3,45  | 3,16           | 3,49   | 3,78  | 3,28    | 2,89   | 3,69  |
| Ácido acético                   | 2,78      | 2,82   | 3,84  | 2,98           | 2,84   | 2,50  | 3,36    | 2,77   | 2,44  |
| Ácido propiónico                | 0,04      | 0,04   | 0,13  | 0,11           | 0,03   | 0,07  | 0       | 0,02   | 0     |
| Etanol                          | 0,33      | 0,46   | 0,29  | 0,31           | 0,38   | 0,30  | 0,35    | 0,31   | 0,27  |
| n-Propanol                      | 0,24      | 0,26   | 0,90  | 0,33           | 0,24   | 0,37  | 0,15    | 0,21   | 0,11  |
| 1,2-Propanediol                 | 1,73      | 2,34   | 0,37  | 1,90           | 2,39   | 1,12  | 2,74    | 2,13   | 1,66  |
| Acetato etílico <sup>3</sup>    | 0         | 0      | 0     | 0              | 0      | 0     | 0       | 0      | 0     |
| Lactato etílico <sup>3</sup>    | 112       | 423    | 1.382 | 0              | 99     | 677   | 0       | 0      | 0     |
| Acetato de propilo <sup>3</sup> | 0         | 0      | 165   | 0              | 0      | 0     | 0       | 0      | 0     |

<sup>1</sup>in %, <sup>2</sup>carbohidratos solubles en agua, <sup>3</sup>in mg/kg DM

\*Noviembre 2020 (resultados en % materia seca (% DM) a no ser que se haga indicación al respecto).

- Determinación de los parámetros de la fermentación incluyendo ésteres (etilos) de acuerdo a Weiss *et al.* (2016), Weiss y Kaiser (1995)
- Materia seca (MS) corregida por las pérdidas de compuestos volátiles durante el secado de acuerdo a Weissbach y Strubelt (2008)

### Resultados granja 1

- Gran variación de parámetros fermentativos en el silo, lo cual es normal y está dentro de lo esperado en un silo búnker comercial con gran cantidad de forraje (diferencias en composición química y microbiológica de este forraje).

- Concentraciones de ácido láctico y ácido acético consideradas por separado son normales, pero la relación (ratio) de láctico/acético indica una intensa fermentación heteroláctica, especialmente en las muestras de abajo a la izquierda: indica que ha trabajado la cepa heterofermentativa *Lactobacillus buchneri*.
- El contenido en etanol es bajo, en parte porque ha reaccionado con los ácidos carboxílicos para formar los ésteres correspondientes.
- Presencia de ácido propiónico y n-propanol indica actividad de *Lactobacillus diolivorans* utilizando 1,2-propanodiol (propilengicol) para formar ácido propiónico y n-propanol; esto

evidencia que *Lactobacillus diolivorans* estaba en el forraje ensilado pero a distintas concentraciones en cada zona del silo (presencia en la composición epifítica del forraje pero variable según campo).

- A valor más alto de 1,2-propanodiol, más bajo el valor de propiónico/n-propanol (ver figura 3).
- Etil acetato no se encontró (niveles 0).
- Etil lactato encontrado en muestras de la izquierda y centro con concentraciones en aumento a medida que se va bajando en el silo (más concentración cuanto más abajo), que es lo que se espera en estos casos. La máxima concentración en la muestra de abajo a la izquierda, con niveles muy altos y una concentración exageradamente elevada: 1.382 mg/kg.
- Propil acetato detectado en la muestra de abajo a la izquierda, indicando que hay un contenido mínimo (probablemente más del 0,3 % sobre MS) necesario para promover la reacción química entre n-propanol y acetato para que se forme el propil acetato (niveles de 165 mg/kg de propil acetato sobre materia seca).

### Resultados granja 2

En una granja de vacuno de leche de Galicia también con problemas de consumo y olor fuerte en el silo de maíz se recogieron muestras (abril 2021) y los resultados medios fueron los siguientes: ►►

|                              |          |     |       |    |
|------------------------------|----------|-----|-------|----|
| Etil                         | acetato: | 742 | mg/kg | MS |
| Etil                         | acetato: | 513 | mg/kg | MS |
| Propil lactato: 228 mg/kg MS |          |     |       |    |

2021

Seguro de ganado

# Vacuño

de reproducción y producción

Se podrá fraccionar  
el pago de la prima  
en 4 veces.



agroseguro



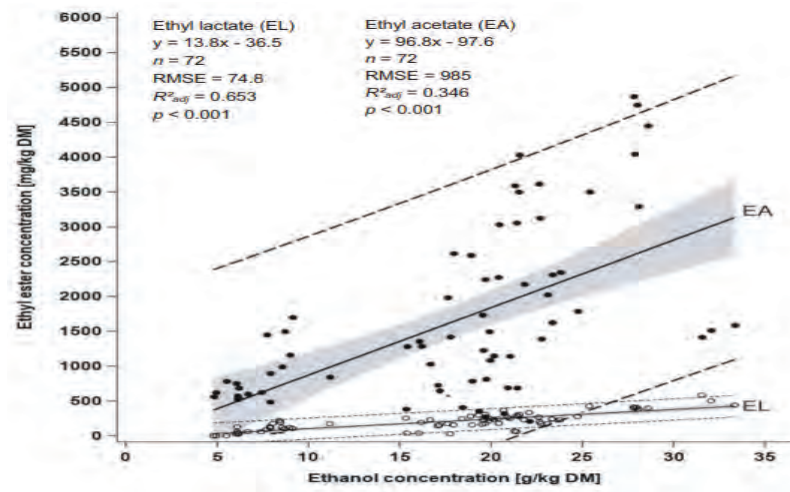
Incluye saneamiento ganadero.  
Asegure la fertilidad de su explotación.

## ¡Gracias!

PORQUE, DURANTE LA CRISIS DE LA COVID-19, CONTINUÁIS  
A PIE DE CAMPO **GARANTIZANDO NUESTRO ABASTECIMIENTO**

**PARA SUSCRIBIR SU SEGURO DIRÍJASE A:** • MAPFRE ESPAÑA CÍA. DE SEGUROS Y REASEGUROS • CAJA DE SEGUROS REUNIDOS (CASER) • AGROPELAYO SOCIEDAD DE SEGUROS S.A. • SEGUROS GENERALES RURAL • ALLIANZ, COMPAÑÍA DE SEGUROS • PLUS ULTRA SEGUROS • HELVETIA CÍA. SUIZA S.A. DE SEGUROS • CAJAMAR SEGUROS GENERALES S.A. • MUTUA ARROCERA, MUTUA DE SEGUROS • GENERALI DE ESPAÑA, S.A. SEGUROS • FIATC, MUTUA DE SEGUROS Y REASEGUROS • SEGUROS CATALANA OCCIDENTE • SANTALUCÍA S.A. CÍA. DE SEGUROS • MUSSAP, MUTUA DE SEGUROS • AXA SEGUROS GENERALES • BBVA ALLIANZ DE SEGUROS Y REASEGUROS, S.A. • REALE SEGUROS GENERALES • MGS SEGUROS Y REASEGUROS S.A.

Figura 4. Correlación entre etanol y etilos



Weiss, 2019

Niveles altos de ésteres, sobre todo etil acetato y etil lactato, que dan olor fuerte al silo y rechazo al consumo. Estos niveles están asociados a los niveles altos de etanol y propanol de la muestra, es decir, nivel alto de etanol es necesario para que haya niveles altos de ésteres:

- MS: 35,1 %
- pH: 3,80
- Acetato: 2,16 % MS
- Propionato: no detectado
- Etanol: 1,64 % MS
- 1,2-propanodiol: 0,24 % MS
- n-propanol: 0,41 % MS

## CONCLUSIONES

Los estudios de Weiss del 2019 vienen a corroborar la correlación directa del nivel de etanol en un silo de maíz con la formación de etil lactato y etil acetato, es decir, a más etanol más niveles de etilos.

La formación de estos compuestos (ésteres) es indeseable porque reducen consumo, por su volatilidad, que dará malos olores y pérdidas por volatilización, pérdidas en digestibilidad y energía del silo, de modo que se tendrán que combinar pautas de manejo que reduzcan la actividad de las levaduras (productoras de etanol en la fermentación alcohólica) y la aplicación de aditivos de ensilaje con acción antifúngica (y más concretamente contra levaduras).

De los alcoholes presentes en el ensilado de maíz, se debe reducir el nivel de etanol y propanol, desencadenantes de la reacción química que produce los ésteres. Cuando se inocula el ensilado con *Lactobacillus buchneri*, se favorece la formación de propilenglicol en detrimento

del propanol, que, además, es otra forma de reducir el nivel de láctico y de transformar parte del acético en propanodiol. Los ácidos carboxílicos de la fermentación (láctico, acético, butírico) son también parte de la reacción, pero serán los niveles de alcoholes “malos” (etanol, propanol) los que desencadenarán el fenómeno de los etil ésteres y propil ésteres, mientras que la formación de propilenglicol (propanodiol) reducirá los niveles de propanol y será positivo.

El problema de los niveles altos de etanol y de etil ésteres es, sobre todo, en los ensilados de maíz, pero puede darse también en los ensilados de hierba, donde problemas de estabilidad aeróbica por levaduras también dan niveles de etanol altos y donde puede formarse otro alcohol, el butanol, así como otro ácido carboxílico, el butírico, que también pueden desencadenar la formación de otros ésteres: butil acetato, butil butirato o etil butirato. ■

► DE LOS ALCOHOLES PRESENTES EN EL ENSILADO DE MAÍZ, SE DEBE REDUCIR EL NIVEL DE ETANOL Y PROPANOL, DESENCADENANTES DE LA REACCIÓN QUÍMICA QUE PRODUCE LOS ÉSTERES

## BIBLIOGRAFÍA

- International Silage Summit, Leipzig 2012: The future of silage preservation
- International Silage Summit, Leipzig 2016: Future challenges in modern silage production systems
- Katrin Gerlach (2016): The impact of silage quality parameters on feed intake
- Kriszan, S.J. y A.T.Randby (2006): The effect of fermentation quality on the voluntary feed intake of grass silage by growing cattle fed silage as the sole source. J.Anim.Sci. 85, 984-996
- Richardt, W. (2012): Silage quality and animal health. Conference 12th November in Lichtenwalde



## GAMA DE RATICIDAS

# EN CEBOS FRESCOS Y PASTAS HÚMEDAS

RATICIDA CEBO FRESCO

**CALIDAD  
PREMIUM**



APETENCIA CONTRASTADA \*



**97,00%**



RATICIDA CEBO FRESCO

**CALIDAD  
EXCELENTE**



APETENCIA CONTRASTADA \*



**94,77%**



EN TODOS NUESTROS PRODUCTOS

\* Control de calidad e I+D+I: IMPEX EUROPA

RATICIDA PASTA HÚMEDA

**CALIDAD  
ALTA**



APETENCIA CONTRASTADA \*



**92,10%**



MARCAS  
PARA TERCEROS



PIONEROS EN LA FABRICACIÓN  
DE CEBO FRESCO



impex EUROPA S.L.

[www.impexeuropa.es](http://www.impexeuropa.es)