

# Exposición dérmica: Efectos, evaluación y control

**Eduardo Shaw, CIH, CSP**

**Safety & Health At Work**

Lic. en Seguridad Ocupacional

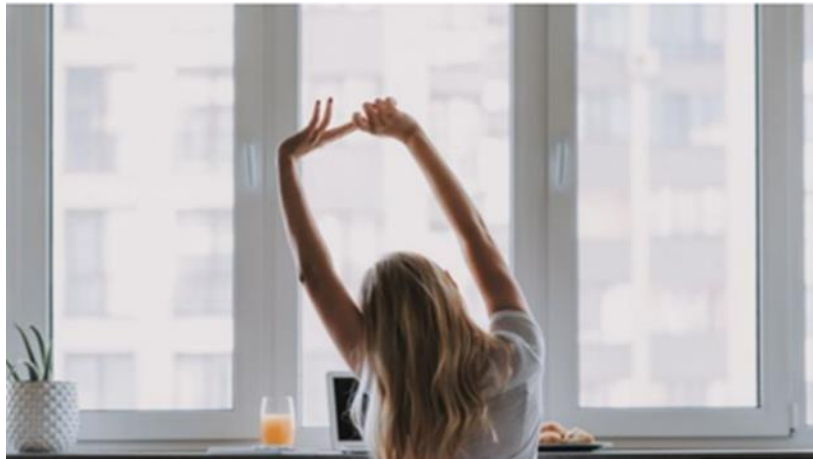
Mgtr. en Higiene Industrial

**Dra. Gisela Muñoz**

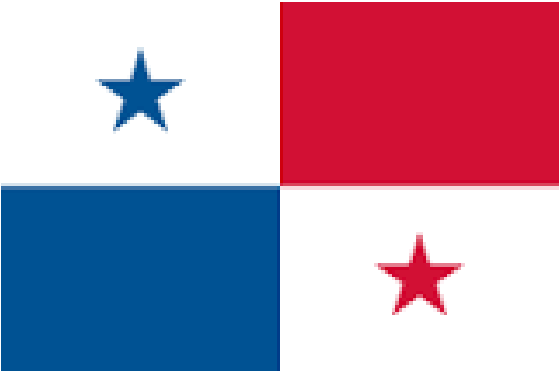
**ARL Sura**

Médica Laboral

Mgtr. en Gestión Humana



# Lenguaje





"El problema más grande  
de la comunicación  
es la ilusión de que  
ha tenido lugar."

*Bernard Shaw*

 Prografos

# Agenda – Fisiología y patología de la piel

- Patologías de la piel
- Fisiología de la piel
- Mecanismos de absorción
- Factores que impactan la absorción
- Evaluación del riesgo de absorción
- Prevención
- Descontaminación

La **PREVENCIÓN** DE LAS **ENFERMEDADES PROFESIONALES**



International  
Labour  
Organization

**Día Mundial de la  
Seguridad y Salud en  
el Trabajo**  
**28 de abril de 2013**

**ESTRÉS  
EN EL TRABAJO**



**UN RETO COLECTIVO**

DÍA MUNDIAL DE LA SEGURIDAD Y LA SALUD EN EL TRABAJO  
28 DE ABRIL 2016



**LA SEGURIDAD Y LA SALUD**  
EN EL USO DE PRODUCTOS  
**QUÍMICOS EN EL TRABAJO**



Organización  
Internacional  
del Trabajo



**OPTIMIZE THE  
COLLECTION AND  
USE OF OSH DATA**

A contribution to the implementation  
of Sustainable Development Goal 8



**WORLD DAY FOR SAFETY AND HEALTH AT WORK**  
**28 APRIL 2017**





Números por día



## Work-related ill health

**1.8 million**

Workers suffering from work-related ill health (new or long-standing) in 2021/22

**722,000**

Workers suffering from a new case of work-related ill health in 2021/22

**30.8 million**

Working days lost due to work-related ill health in 2021/22

**13,000**

Deaths each year estimated to be linked to past exposure at work, primarily to chemicals or dust



## Workplace injury

**123**

Workers killed in work-related accidents in 2021/22

**565,000**

Workers sustaining a non-fatal injury according to self-reports from the Labour Force Survey in 2021/22

**61,713**

Employee non-fatal injuries reported by employers under RIDDOR in 2021/22

**6.0 million**

Working days lost due to non-fatal workplace injuries according to self-reports from the Labour Force Survey in 2021/22



## Costs to Britain

**£11.2 billion**

Annual costs of new cases of work-related ill health in 2019/20, excluding long latency illness such as cancer

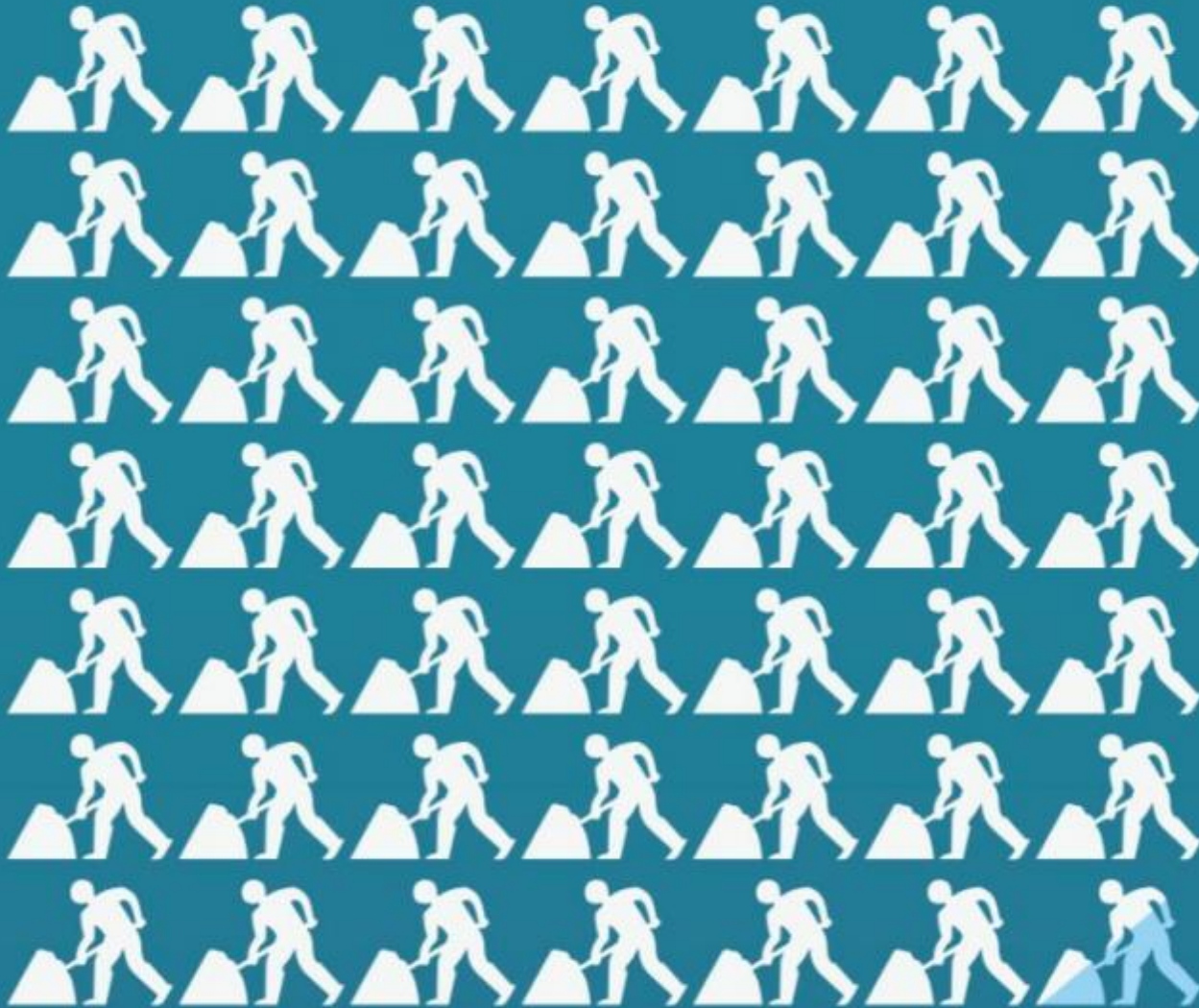
**£7.6 billion**

Annual costs of workplace injury in 2019/20



99% health

Approx. 13,000 died from work related disease



1% safety

133 workers died in accidents at work

**Health and safety at work**  
**Summary statistics for Great Britain 2022**

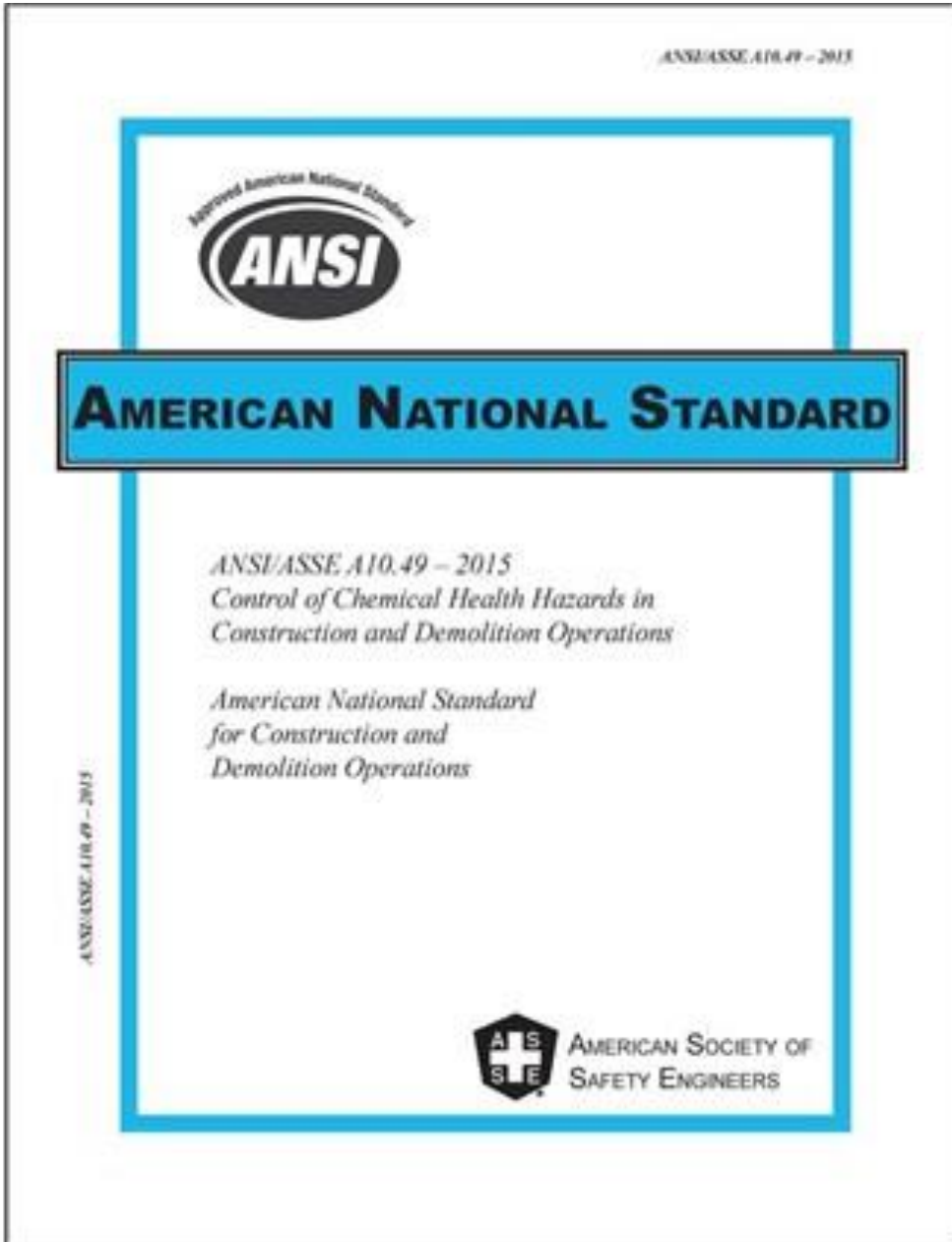
# occupational health risk management in construction

A guide to the key issues of occupational  
health provision

July 2015

Document prepared by:  
Construction Industry Advisory Committee (CONIAC)  
Health Risks Working Group





ANSI/ASSE A10.49 – 2015

CONTROL DE RIESGOS QUÍMICOS  
A LA SALUD EN LA  
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

# ENFERMEDADES LABORALES

Más comunes según la OIT:

1. Neumoconiosis
  - Sílice, carbón, asbesto
2. Trastornos musculoesqueléticos (TME)
3. Estrés relacionado con el trabajo
  - Riesgos psicosociales

# ENFERMEDADES LABORALES

- Cáncer en la piel



## NEWS LIST

30 March 2018

Spotlight on work-related skin cancers. Dermatologists tell the EU it's 'time to act'.



When it comes to occupational cancers, UV radiation is rarely highlighted as a major risk compared to other carcinogens such as solvents or toxic dust. On 27 March an association of dermatologists reminded policymakers that skin cancers are the most widespread form of work-related cancers in the European Union. They called on the European Union to improve the European legislation on workers' health protection in order to strengthen prevention in the workplace and ensure more widespread recognition of skin cancers as work-

related illnesses.

# Exposición Dérmica

*“La cantidad de contaminante en contacto con la capa exterior de la piel que se encuentra disponible para ser absorbida por vía dérmica y para producir un efecto sobre la superficie de la piel y daño sistémico al entrar al torrente sanguíneo.”*

Fuente: EPA – EE.UU. (1996)

# Exposición Dérmica

- Doble amenaza del riesgo químico:
  - Daños a la piel en sí
    - Dermatitis por irritación
    - Dermatitis por alergias
  - Daño sistémico (llevado por la sangre a órganos blancos )

# Exposición Dérmica – Efectos sistémicos

- Los límites ocupacionales tienen como base un órgano blanco (o el efecto adverso a la salud)
- Para algunos agentes, ese efecto se desarrolla por inhalación o por absorción, o por ambos
- **Muchos límites ocupacionales son una concentración en aire**



# Exposición Dérmica

- 1950s: captación (*uptake*) por la piel se consideraba insignificante
- Hoy: captación por la piel puede determinar hasta un 25% de la dosis total
  - Representa 15-20% de todas las enfermedades ocupacionales
  - Incidencia va en incremento en los últimos años.

# Exposición Dérmica

## Riesgo por inhalación:

- **10 m<sup>3</sup>**: Volumen inhalado en 8 horas:

## Riesgo por absorción:

- **1,8 - 2,0 m<sup>2</sup>**: el área de la superficie de la piel del cuerpo humano “promedio” para una persona con un peso de 70 kilos
- **\*0,3 m<sup>2</sup>**: cara, cuello, antebrazos, y manos
- **4.800 m<sup>3</sup>**: Volumen de aire expuesto a la piel\* (0,3 m<sup>2</sup>) en 8 horas

Mecanismo de absorción

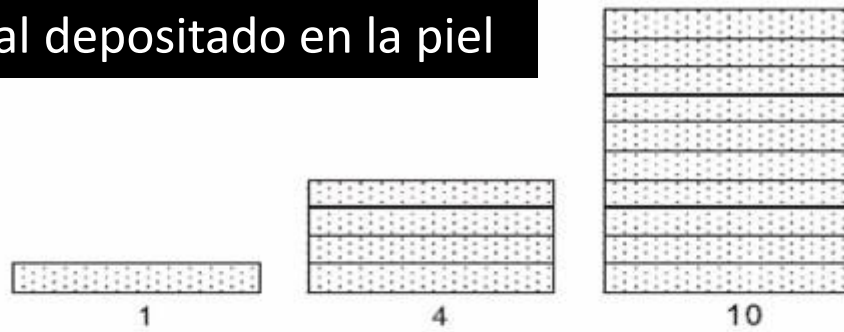
# Referencias

- INSST: Riesgo Por Exposición Dérmica (Información Importante)
- INSST: NTP 697 – Exposición a contaminantes químicos por vía dérmica
- *EU OSHA: Occupational Skin Disease and Dermal Exposure in the European Union*
- *AIHA: The Occupational Environment...(The White Book), Chapter 14: Dermal Exposures and Occupational Dermatoses*
- *OMS: Environmental Health Criteria 235 – Dermal Absorption*

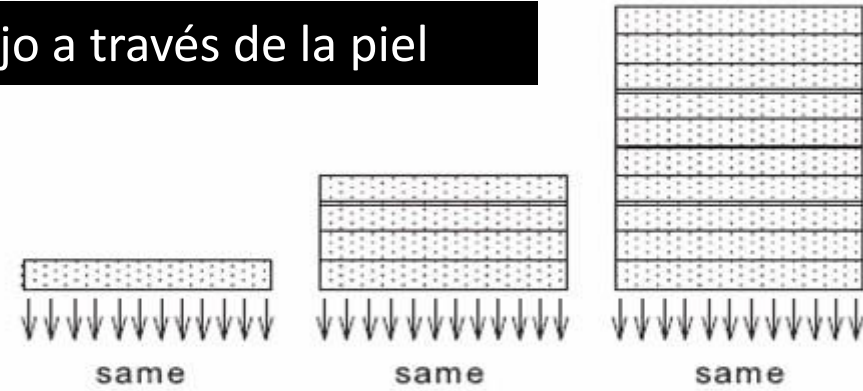




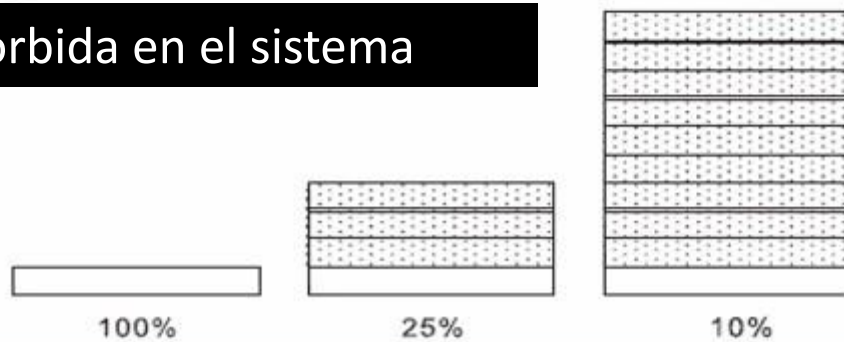
**a) Carga o material depositado en la piel**



**b) Tasa de flujo a través de la piel**



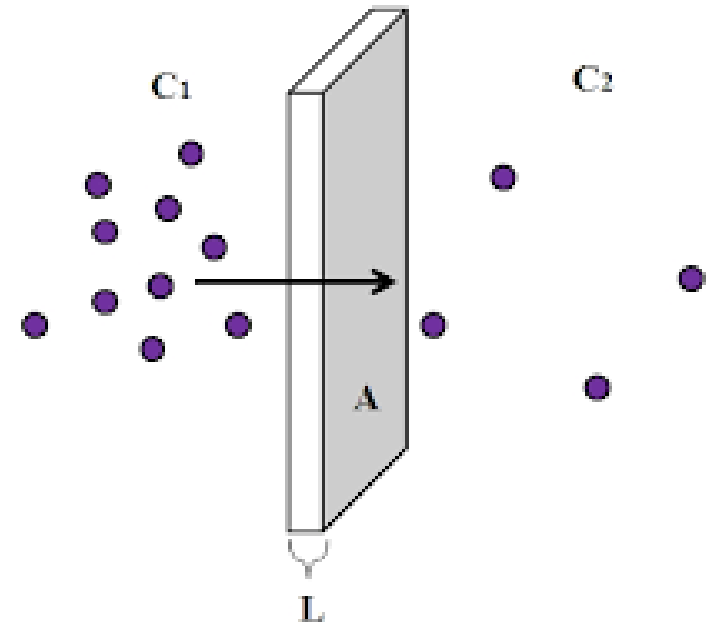
**c) Dosis absorbida en el sistema**



**Conclusión: la dosis absorbida depende más de la tasa de flujo que de la carga en la piel**

# Mecanismo de Absorción

- Absorción de un químico a través del estrato córneo es básicamente un proceso de **difusión** en el cual el transporte activo no juega un papel.
- Principio que gobierna es la **Ley de Fick**



# Mecanismo de Absorción

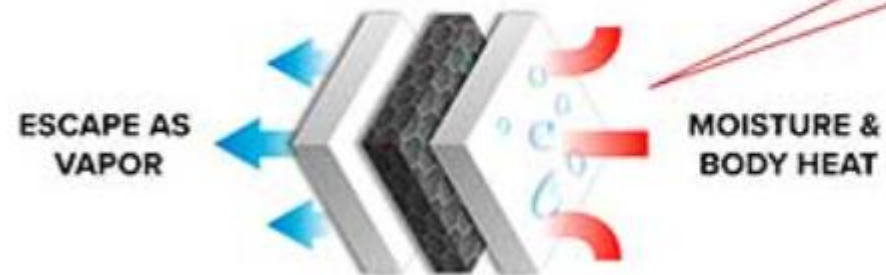
- Las estructuras químicas (ej. superficies, agentes químicos) se pueden clasificar por su afinidad a, o solubilidad en, **lípidos** o **agua**:
  - Lipofílicos = liposolubles = solubles en aceite
  - Hidrofílicos = hidrosolubles = solubles en agua
- Cada estructura química tiene un nivel de solubilidad (alta, intermedia, baja) a los lípidos o agua.





# Mecanismo de Absorción

- El algodón es más **hidrofílico**, absorbe el agua (sudor)
- Telas tipo “Dri-Fit” poseen un mecanismo activo con tejidos **hidrofóbicos** que “empujan” la humedad hacia afuera para su evaporación.



# Mecanismo de Absorción

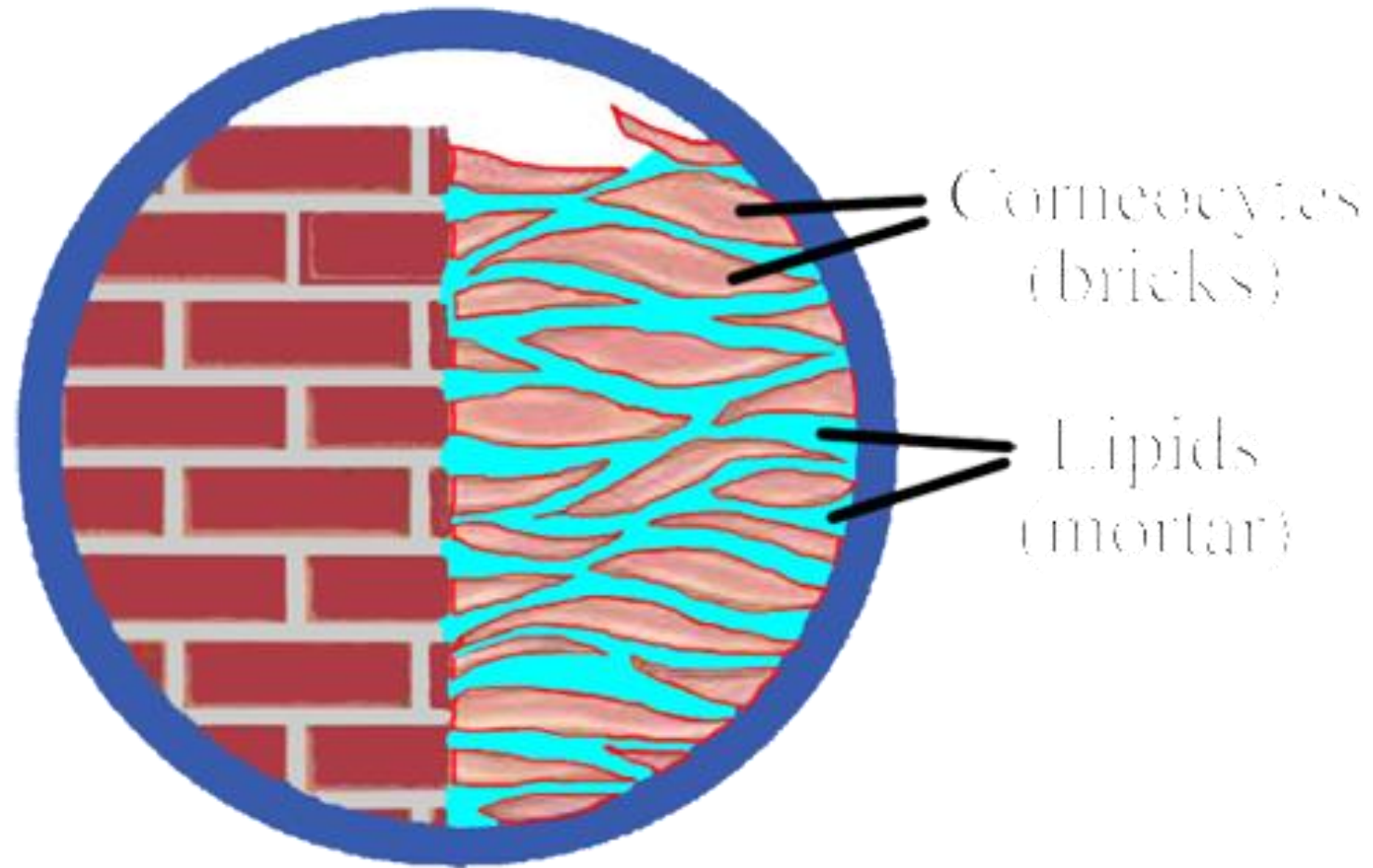
- Células en la epidermis producen lípidos
  - Lipofílicos, apolares, repelen el agua
- Glándulas sebáceas asociadas con los folículos capilares, producen “sebo” (aceite dermal) que cubre la piel y repele el agua
- Estudios: remoción del estrato córneo aumenta la absorción de hidrofílicos



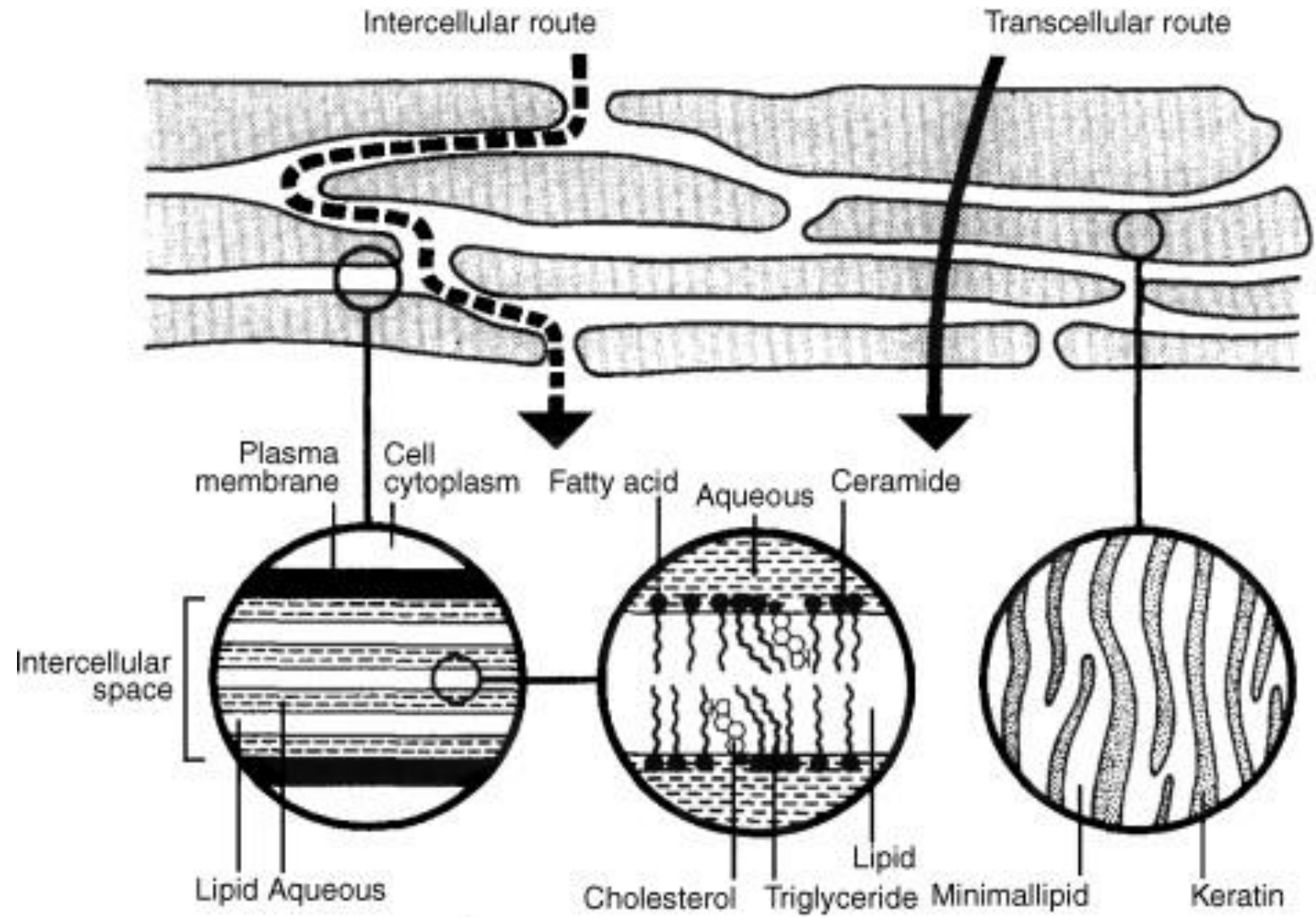
# Mecanismo de Absorción

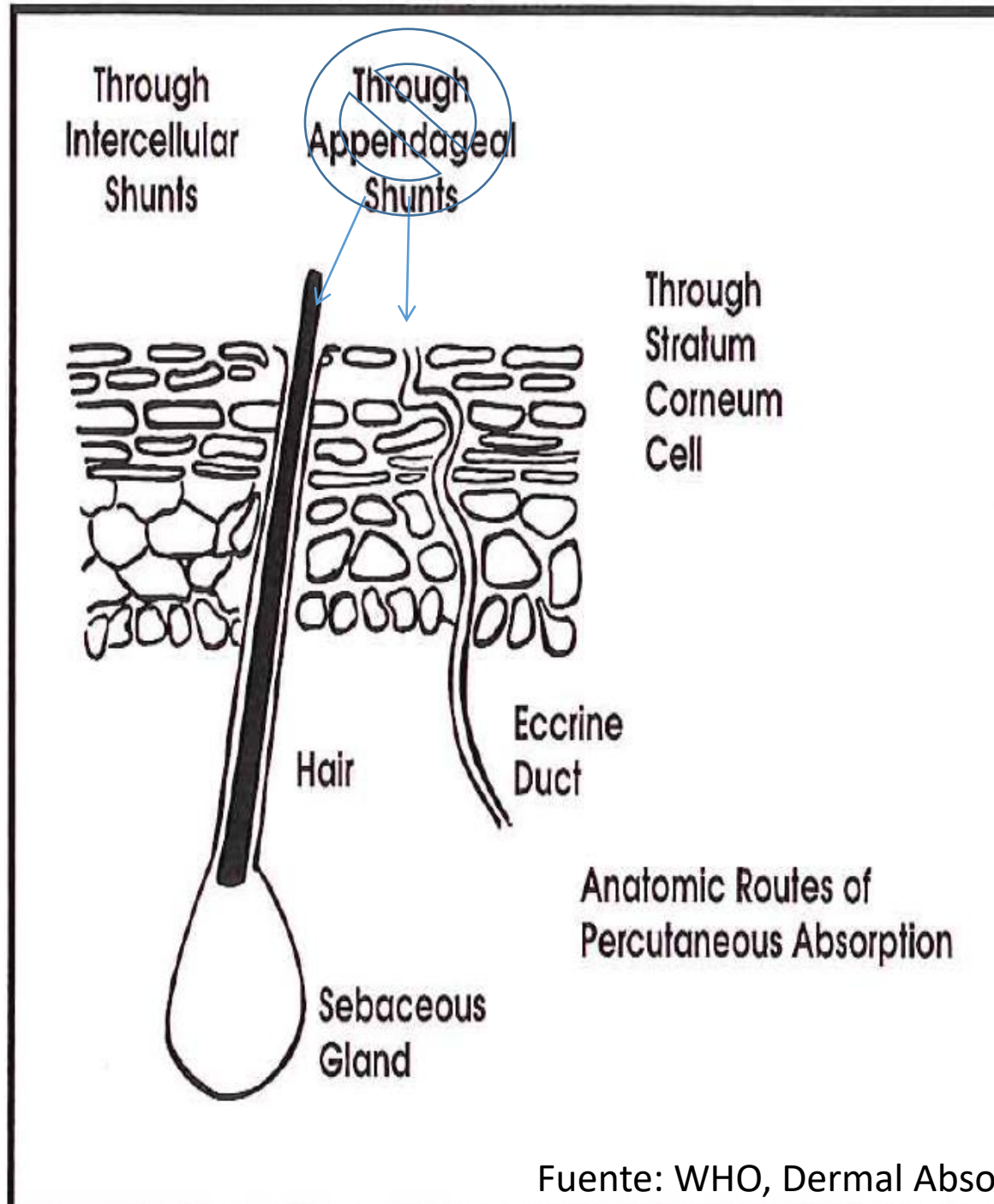
- El estrato córneo está hecho por dos capas con propiedades distintas:
- Una barrera de “ladrillos” lípidos y “mortero” hidrofílico

Stratum Corneum  
Bricks & Mortar



# Mecanismo de Absorción





# Factores que impactan la absorción

# Factores que determinan absorción

1. Irrigación o hidratación de la piel
2. Condición fisiológica de la piel
3. Propiedades físico-químicas de los agentes

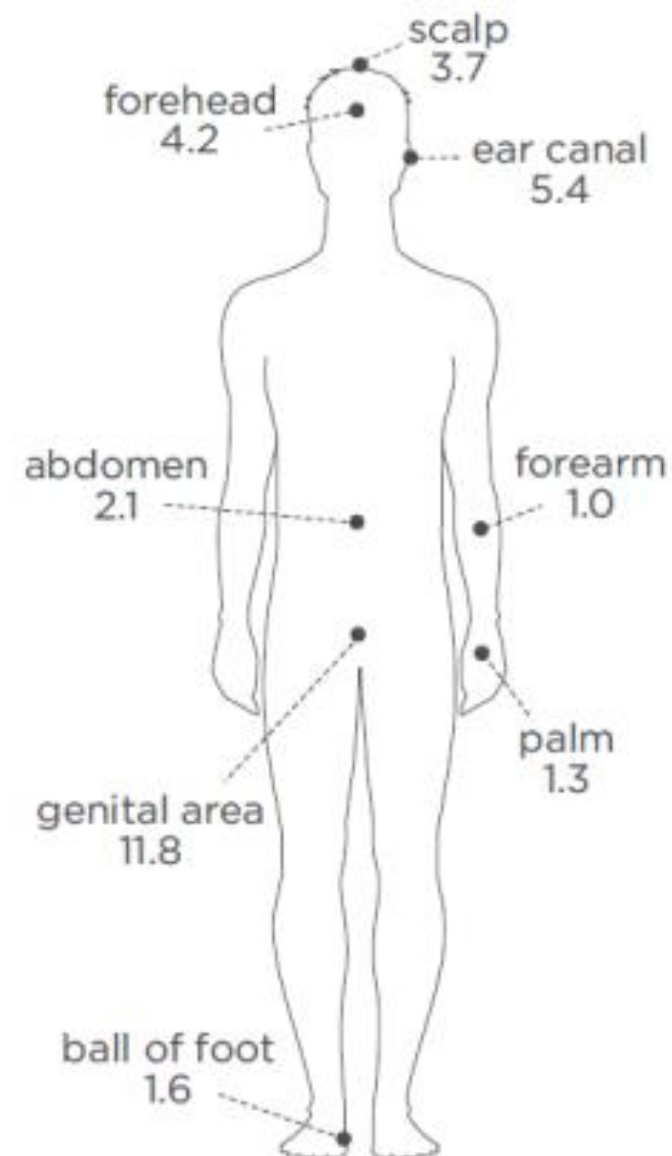
# 1. Irrigación o hidratación

- Cremas hidratantes
- Humedad relativa en el ambiente (sudoración)
- Procesos húmedos



## 2. Condición fisiológica de la piel

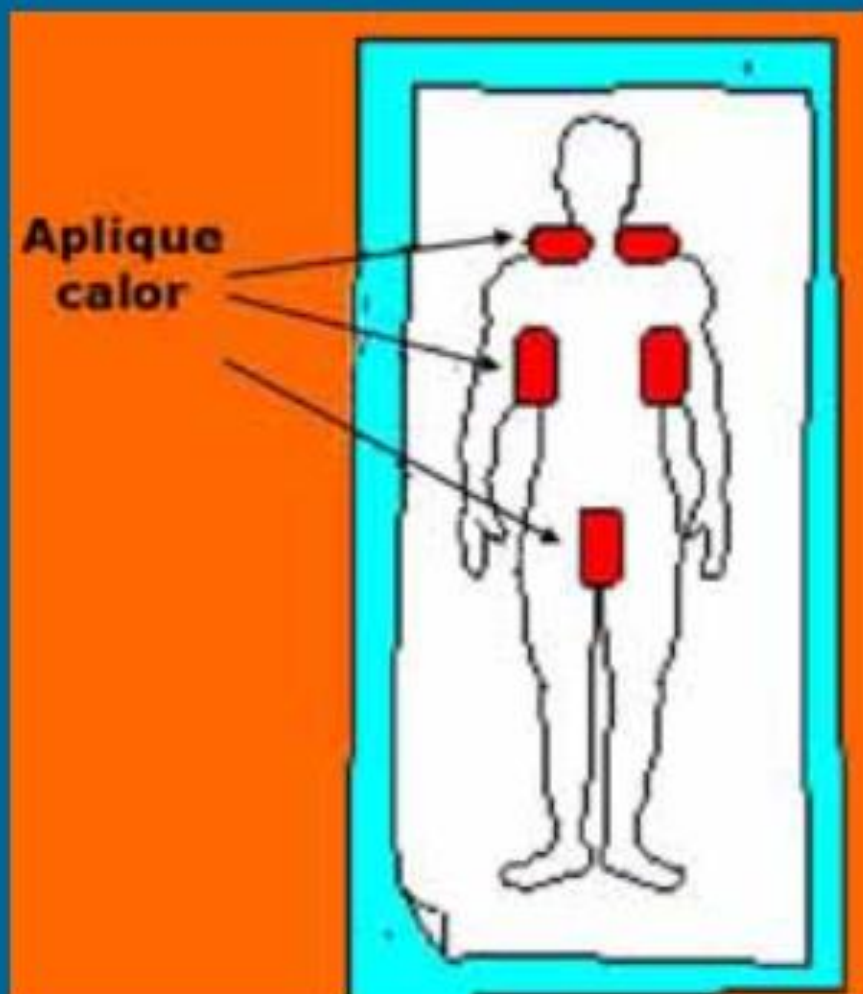
- Abrusiones
- Grosor
  - Capa de queratina (callos)



Chemical absorption rates relative to the forearm

Source: EC97-2505 Signs and Symptoms of Pesticide Poisoning, University of Nebraska - Lincoln

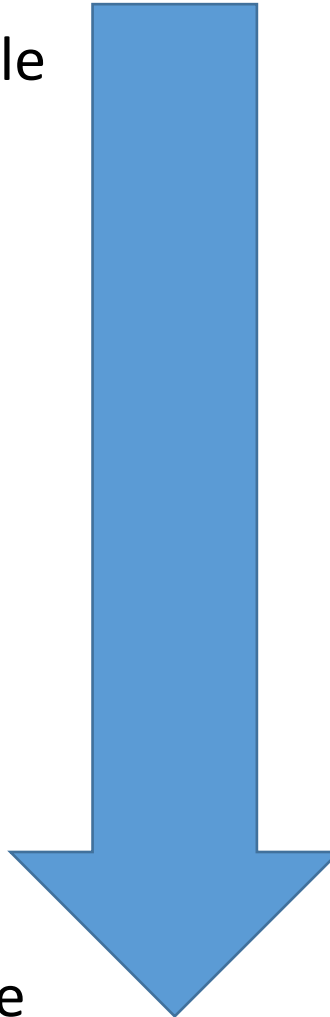
# Lugares donde se deben aplicar las fuentes de calor



## Penetración de la C<sup>14</sup> hidrocortisona

Grosor

+ impermeable



+ permeable

ZONA	PENETRACIÓN; RELATIVA
Planta de pie	0,14
Tobillo	0,42
Palma de la mano	0,83
Antebrazo (ventral)	1,0
Antebrazo (dorsal)	1,1
Espalda	1,7
Cuero cabelludo	3,5
Axila	3,6
Frente	6,0
Mandíbula	13,0
Escroto	42,0

# Grosor

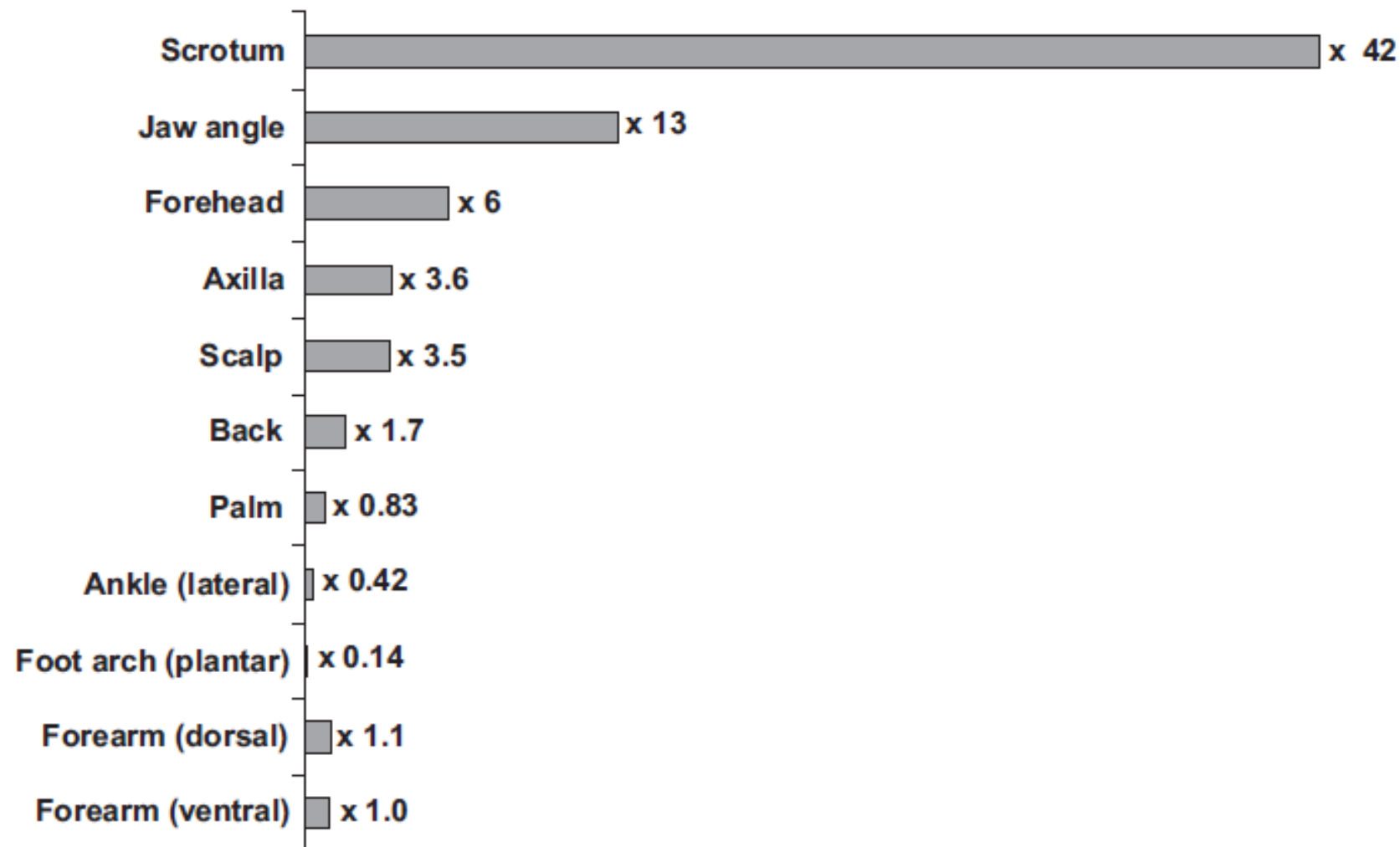


Fig. 12. Hydrocortisone absorption — effect of anatomical region (adapted

### 3. Propiedades físico-químicas de los agentes

- a) Área de superficie de vapores vs. líquidos
- b) Polaridad
- c) Estado de Ionización
- d) Presión de vapor
- e) Peso molecular
- f) Vehículo
- g) Solubilidad en aceite o agua

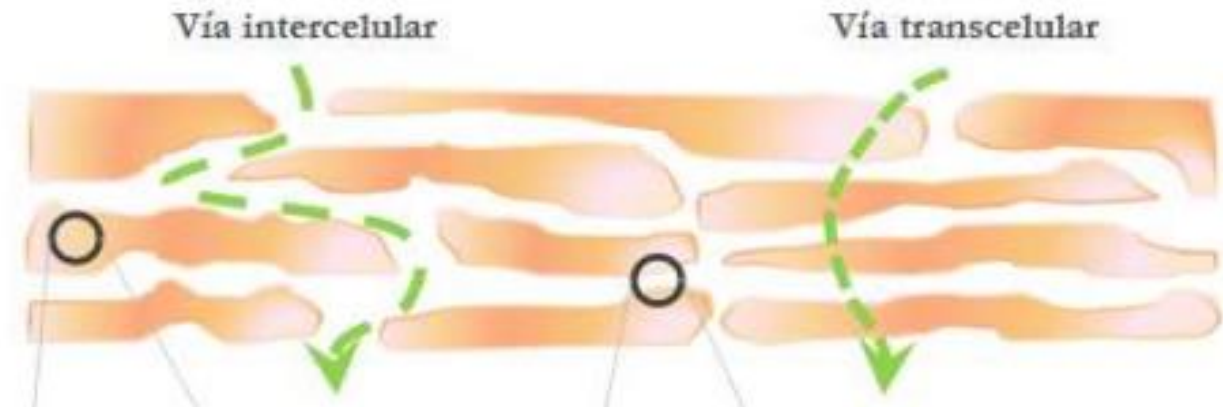
## 3.a. Vapores vs. Líquidos

- Área de superficie es mayor para vapores en contacto con la piel (más oportunidad de absorción)

## 3.b. Polaridad

- Agentes de carácter **polar** atraviesan la superficie hidratada y proteica de la membrana (absorción **transcelular**)
- Sustancias **apolares** penetran a través de los espacios intersticiales (absorción **intracelular**), por ser ésta una zona rica en lípidos.

- Químicos polares: **agua**, amonio
- Químicos apolares: benceno, gasolina



## 3.c. Ionización

- Químicos en una forma ionizada (carga eléctrica positiva o negativa) no se absorben por la piel con facilidad
- Químicos no-ionizados y lipofílicos tienen mayor potencial de penetración por la piel



## 3.d. Presión de vapor

- Químicos que no son **volátiles (baja presión de vapor)**, se absorben más fácilmente:
  - Policlorobifenilos (PCB)
  - Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH)
  - Clorofenoles
  - Algunos plaguicidas

the pressure exerted by a vapor on a liquid when they are in equilibrium

lower



higher



vapor pressure

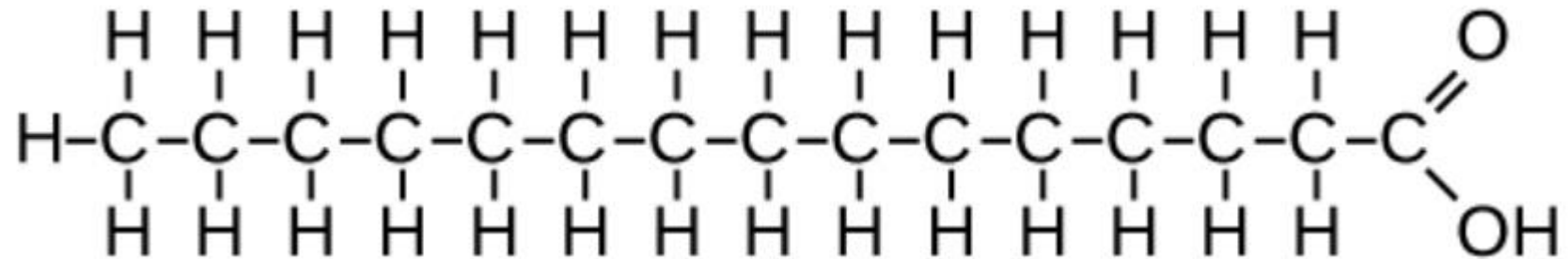
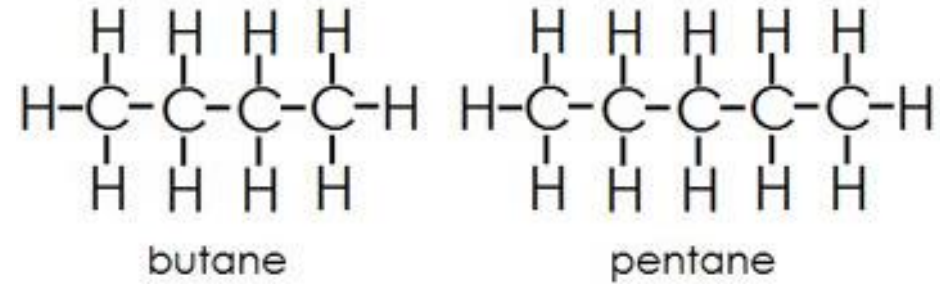
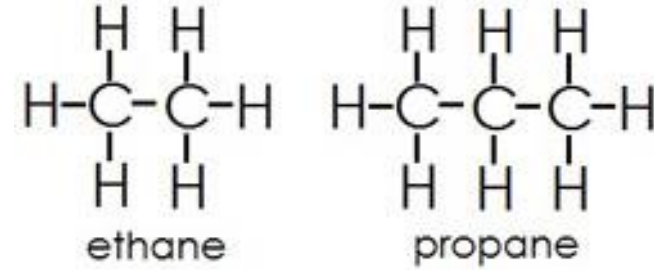
Game Smartz flashcard

## 3.e. Peso Molecular

- Estudios indican que los químicos con pesos moleculares **> 350**, **> 500** (según la fuente) no penetran la piel
- Disolventes con un peso molecular bajo se absorben fácilmente o ayudan a la rápida penetración por la piel:
  - Acetona
  - Alcoholes
  - Thinners (de pintura)
- Compuestos con cadenas de carbono excesivamente largas (**C >10**), contienen alta viscosidad reducen la penetración

## 3.e. Peso Molecular

- Mientras más larga la cadena de carbono ( $C > 10$ ), menos permeable es la sustancia



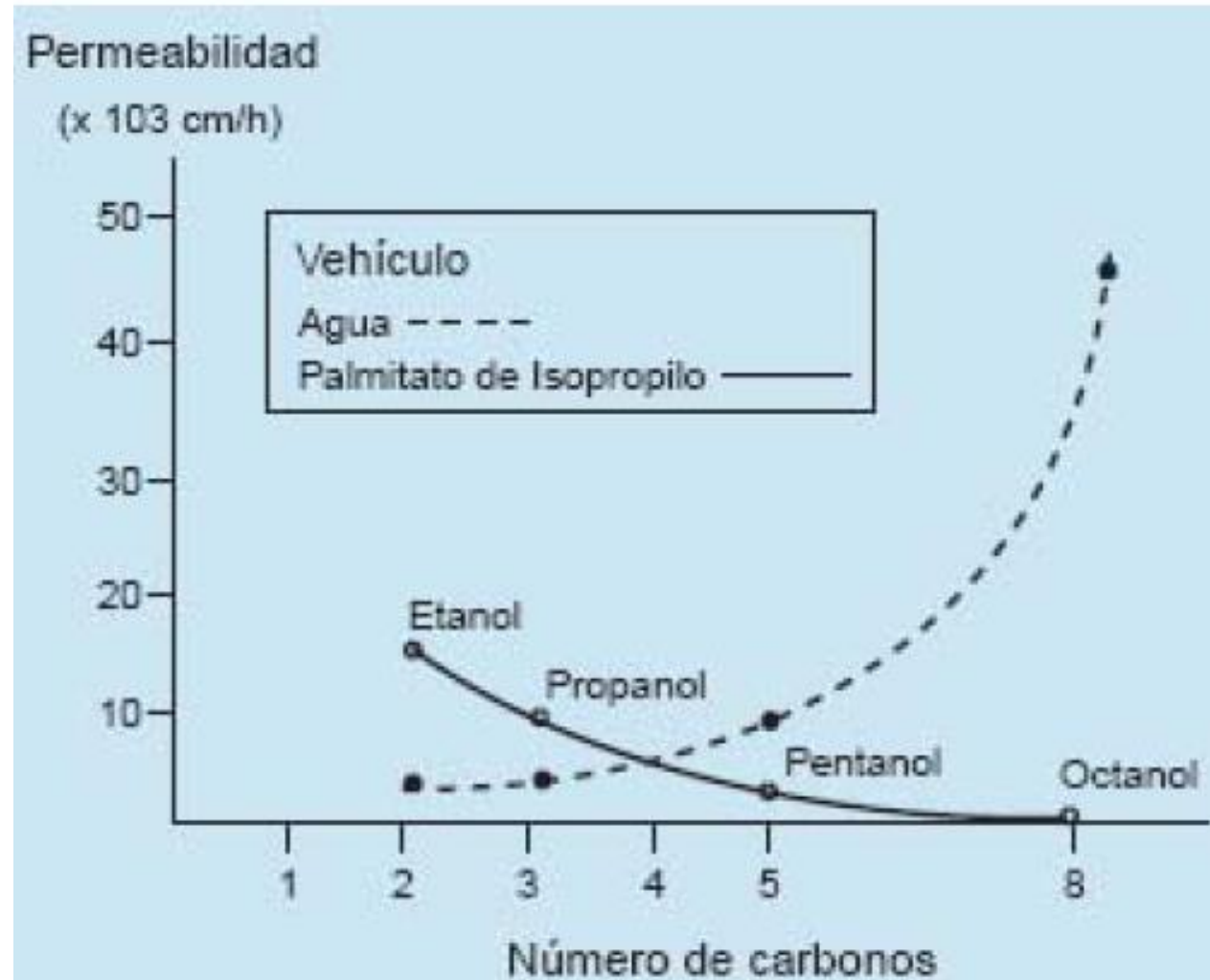
Ácido esteráico (lubricante, grasa)

## 3.f. Vehículo / Mezclas

- **Mezclas** que presentan un carácter hidro- y lipofílico son más fáciles de absorber por la capa bifásica del estrato córneo
  - Crean sinergias o potencian absorción
- Un agente soluble en agua (hidrofílico) aplicado a la piel con un vehículo aceitoso (lipofílico), se absorbe en la piel más fácilmente.
- Si se aplica agua (hidrofílico) para remover un agente aceitoso (lipofílico), se incrementa la facilidad de absorción del este último.
- ¿Implicaciones para la descontaminación de agentes en la piel?
  - SDS recomiendan agua o agua/jabón, lo cual puede incrementar absorción

### 3.f. Vehículo / Mezclas

**Figura 3**  
**Penetración de alcoholes**



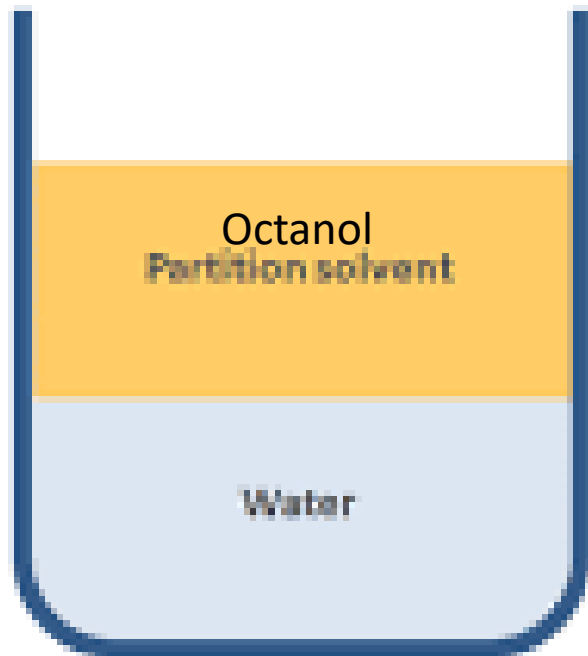
## 3.g. Solubilidad en aceite o agua

- Sustancias puras con carácter hidro- y liposoluble pueden penetrar con facilidad a través de la piel, ej:
  - Órgano-metales tales como el tetraetilo de plomo
  - Compuestos orgánicos de estaño y de manganeso
- La velocidad de penetración por ambas vías está relacionada directamente con la solubilidad de los compuestos en agua y en lípidos
- Solubilidad se mide a través del **coeficiente de reparto octanol-agua ( $K_{ow}$ )**

Log  $K_{ow}$

Coeficiente de reparto/partición octanol-agua

$$P = \text{Partition Coefficient} = \frac{\text{Concentration dissolved in partition solvent}^{\text{Octanol}}}{\text{Concentration dissolved in water}}$$



Conditions:

The solvents are "immiscible"

The system must be at equilibrium

All the solute must be dissolved

Temperature should be constant

Log  $K_{ow}$

Coeficiente de reparto/partición octanol-agua

- Agentes con un valor muy bajo o muy alto no penetran la piel muy bien:
  - Log  $K_{ow} < -1$
  - Log  $K_{ow} > 4$



# Mecanismo de Absorción (NTP 697)

$$R = \frac{C_{\text{sat}}}{15} (0,038 + 0,153 P) e^{-0,016 Pm}$$

- R es el flujo de penetración a través del estrato córneo
- $C_{\text{sat}}$  es la concentración de la disolución saturada del compuesto en agua
- **P es el coeficiente de reparto agua-octanol**
- **Pm es el peso molecular**

# Mecanismo de Absorción (US EPA)

$$\text{Log } K_p = -2.80 + 0.66 \log K_{ow} - 0.0056 \text{ MW}$$

- $K_p$  = coeficiente de permeabilidad
- $K_{ow}$  = coeficiente de reparto octanol-agua
- $MW$  = peso molecular

# Mecanismo de Absorción (OMS EHC 235)

$$J_{\max,ss} = S_{sc} \cdot D / h = K_{p,v} \cdot S_v$$

- $J_{\max,ss}$  = Flujo Máximo
- $S_{sc}$  = Concentración de la disolución en el Estrato Córneo
- $D$  = Coeficiente de difusión (**diferencia de la concentración en el Estrato Córneo**)
- $h$  = Grosor de la piel
- $K_{p,v}$  = **Coeficiente de permeabilidad de la disolución en un vehículo**
- $S_v$  = Solubilidad de la disolución en el vehículo

# Evaluación del riesgo de absorción

# Métodos de Medición de Exposición Dérmica

- Parches absorbentes
- Monitoreo biológico
- Muestreo de superficies
  
- Modelos de estimación de absorción

# Métodos de Medición de Exposición Dérmica

Técnica de muestreo	Método de muestreo
Técnica sustitutiva de la piel	Parches
	Cuerpo completo
	Guantes absorbentes
Técnica de retirada del contaminante	Lavado de manos
	Limpieza con disolvente
	Retirada del contaminante con cinta adhesiva
Técnica de recuperación in situ	Video imagen
	ATR - FTIR
	Sonda luminosa
	PXRF
Técnica de muestreo de superficies	Aspirado de superficies, limpieza con disolvente, determinación del residuo foliar desprendible, etc.

Tabla 1: Principales técnicas de muestreo aplicables a la exposición dérmica

# Métodos de Medición de Exposición Dérmica

- Parches absorbentes
- Monitoreo biológico
- Muestreo de superficies
  
- Modelos de estimación de absorción

# Evaluación del Riesgo de Absorción

- Primer filtro:
  - Anotación de “Skin” en los TLVs
  - Peso Molecular y el coeficiente de reparto agua/aceite ( $\text{Log } K_{w/o}$ )



# ACGIH® – TLVs® Notas Especiales:

- **SKIN** = potencial importante de exposición por la ruta cutánea (incluyendo membrana mucosa y los ojos) con afectación sistémica (ni directamente en la piel).
  - Sobre exposiciones pueden ocurrir aún cuando el monitoreo ambiental está por debajo de los NMPs
  - ¡Monitoreo ambiental no es suficiente!
  - Adoptar medidas para prevenir la absorción a través de la piel

País	Criterio para asignar anotación por vía dérmica
Dinamarca	"Cuando se sabe que la sustancia puede ser absorbida vía la piel".
Noruega	"Sustancias que se pueden captar vía la piel".
Finlandia	"Cantidades absorbidas y el riesgo para la salud no se puede evaluar sólo por concentraciones en el aire".
Suecia	"Sustancias que fácilmente se pueden captar por el cuerpo vía la piel".
Alemania (Comisión para la Investigación de Riesgos para la Salud de Sustancias Químicas en el Área de Trabajo)	"Cuando la exposición dermal incrementa la carga en el cuerpo".
Unión Europea (Comité Científico para los Límites de Exposición Ocupacional)	"Contribución sustancial del total de la carga al cuerpo vía exposición dermal".
Estados Unidos (ACGIH)	"Contribución potencialmente significativa a la exposición total por ruta cutánea, incluidas membranas mucosas y oculares, bien sea por contacto con vapores o, probablemente más importante, por contacto directo de la sustancia con la piel".
Holanda (Comité para los Estándares Ocupacionales)	"Contribución de más del 10% de la exposición total..."

**Aprox. 120  
sustancias**

**Aprox. 230  
sustancias**

Environmental Health Criteria 235. Dermal Absorption.  
World Health Organization, 2006.

Chemical Name	Skin Notation		
	OSHA	ACGIH	NIOSH
Aniline	X	X	X
4,4'-Methylenebis(2-chloroaniline) (MOCA)	X	X	---
Toluene Diisocyanate (2,4 and 2,6- isomers)	---	X	---
Triethylamine	---	X	---
Phenol	X	X	X
Hydrogen Fluoride	---	X	X

# Evaluación del Riesgo de Absorción

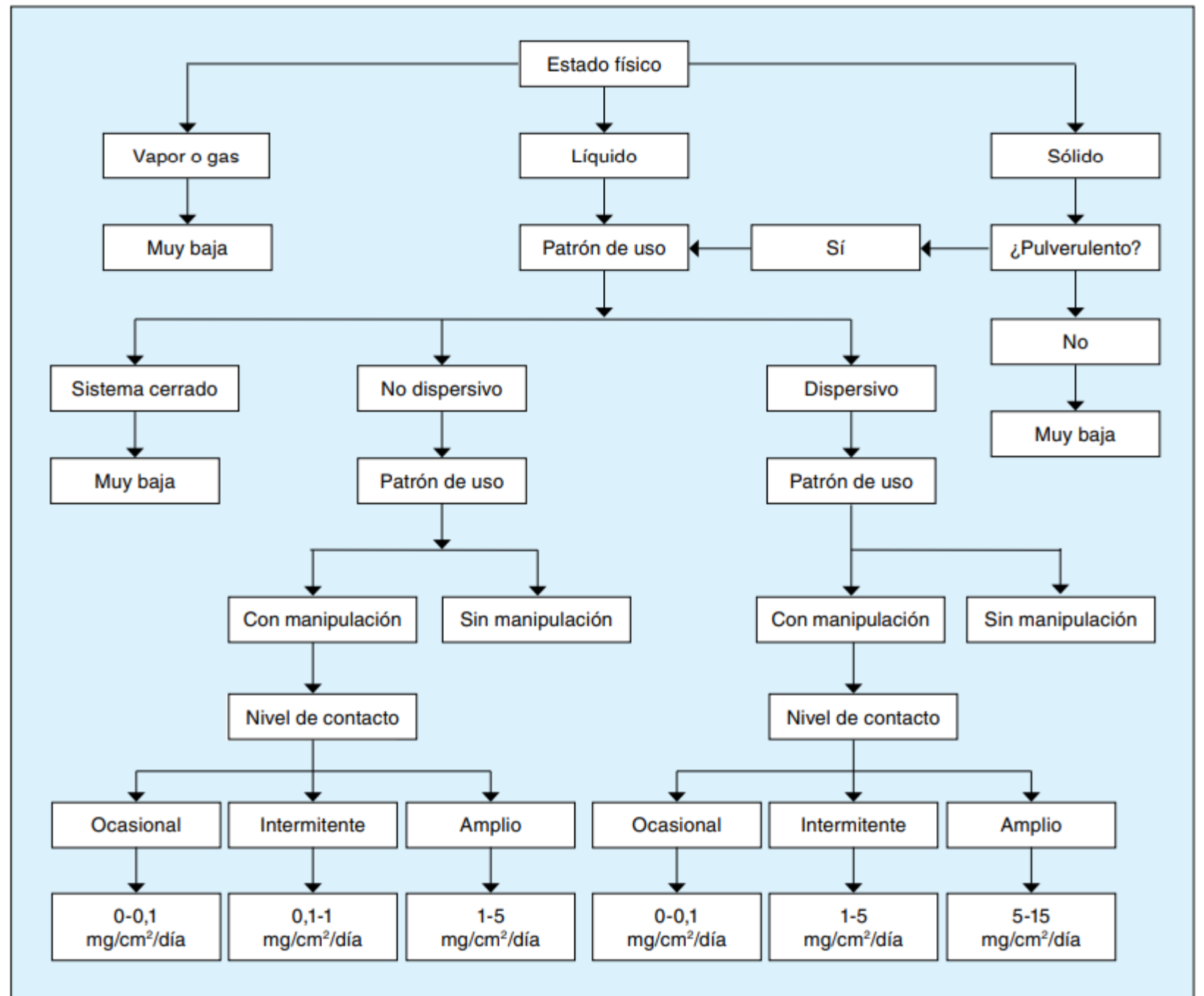
Europa – Guía con base en el **peso molecular** y **coeficiente de reparto octanol/agua** ( $\text{Log } K_{ow}$ ):

- Absorción del 10% para químicos con:
  - Peso molecular  $> 500$  y
  - $\text{Log } K_{ow} < -1$
  - $\text{Log } K_{ow} > 4$
- De otra manera, suponga absorción dérmica del 100%\*
  - \*Ajuste entre el 10% y 100% según los parámetros ya discutidos o Freewares

# Modelo EASE

- *Estimation and Assessment of Substance Exposure*
- Desarrollado por la *Health & Safety Executive* (HSE – Reino Unido) en los años 1990s
- Con base en:
  - Estado físico de la sustancia
  - El patrón de utilización y de control de la exposición
  - El nivel de contacto
    - Ocasional: 1 vez por día
    - Intermitente: 2-10 por día
    - Amplio: > 10 por día

# Modelo EASE



# Modelo EASE - Limitaciones

- El modelo expresa la exposición dérmica como la cantidad en miligramos que es **capaz de depositarse en las manos y brazos** (una superficie estimada de 0,2 m<sup>2</sup>)
- No toma en cuenta:
  - la exposición potencial que puede **penetrar** la piel
  - $K_{ow}$
  - Peso molecular
- Validación limitada

Freeware - RISKOFDERM



# Google: INSST Riesgo por exposición dérmica

- Versión en español de Freeware RISKOFDERM
- Link: <https://www.insst.es/el-instituto-al-dia/app-riesgo-por-exposicion-dermica>

## RIESGO POR EXPOSICIÓN DÉRMICA

Evaluación y gestión del riesgo por exposición dérmica laboral a sustancias/ productos químicos a partir del peligro y de la exposición a las mismas.



Inicio



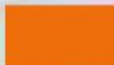
Gestión de la prevención



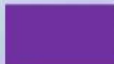
Seguridad



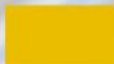
Higiene



Ergonomía



Psicosociología



Programas de Salud



Sobre la aplicación

Descripción



Instrucciones

Instrucciones para la introducción de datos



Información importante

Información sobre exposición dérmica



Cuestionario

Entrada de datos



Recursos adicionales

Enlaces y referencias bibliográficas



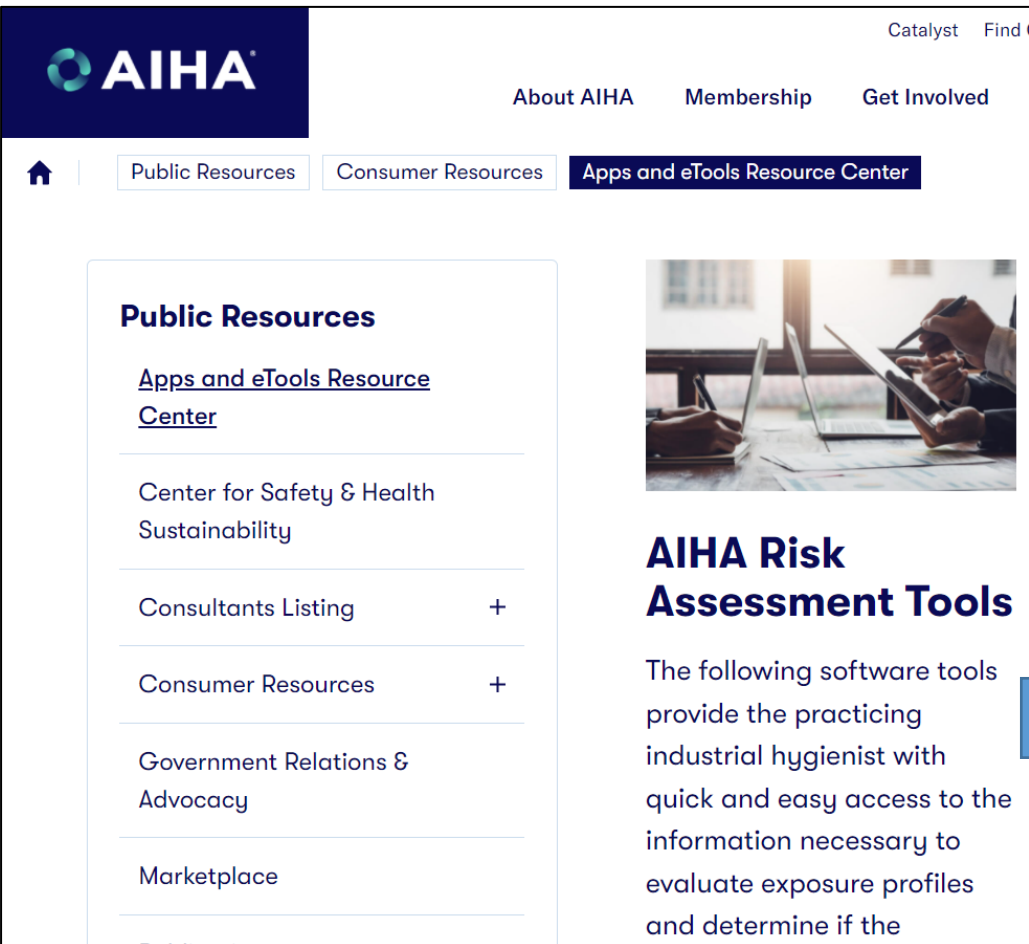
INSST

Aviso legal

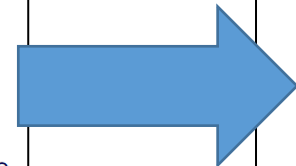


Freeware – IH SkinPerm

# Google: AIHA IH SkinPerm



The screenshot shows the AIHA website's 'Apps and eTools Resource Center' page. The AIHA logo is in the top left. Navigation links include 'About AIHA', 'Membership', and 'Get Involved'. A search bar contains 'Catalyst Find'. Below the navigation are tabs for 'Public Resources', 'Consumer Resources', and 'Apps and eTools Resource Center'. The 'Public Resources' sidebar lists: 'Center for Safety & Health Sustainability', 'Consultants Listing +', 'Consumer Resources +', 'Government Relations & Advocacy', and 'Marketplace'. The main content area features a photo of people working at computers and the heading 'AIHA Risk Assessment Tools'. Below the heading, it states: 'The following software tools provide the practicing industrial hygienist with quick and easy access to the information necessary to evaluate exposure profiles and determine if the'.



## STEP 4: Refined Assessment (Tier 2)

- **IHMOD 2.0™** (latest version: 2.010, October 2021) is an Excel-based mathematical modeling spreadsheet similar to the previous IH Mod. 1.0, which is now obsolete. IH Mod 2.0™ gives the user a choice between running the model in deterministic (point value parameters as was in IH Mod 1.0) or in Monte Carlo Simulation mode, with choices of distributions of parameter values right in MS Excel with no other software needed. An **IHMOD 2.0 Support File** (latest version: 1.07, October 2021) is also available. It includes useful information about IH Mod 2.0™. A spreadsheet tab to estimate liquid spill pool generation rates via the Hummel-Fehrenbacher equation, units of measure conversion tool, examples of generation rate estimation, a “Bootstrap” procedure tool, a summary of approaches to estimate ALPHA for the exponentially decreasing emission rate models, and some links to other resources. Please note that the support file is evolving and will be updated periodically with new information. Check back here for updates.
- **IHSkinPerm™** (latest version: 2.4, October 2021) is an Excel application for estimating dermal absorption. Basic knowledge of Excel is all that is needed to operate IH SkinPerm™. IH SkinPerm™ is a work product of the AIHA Exposure Assessment Strategies Committee (EASC) and the Dermal Project Team (DPT) in collaboration with Wil ten Berg, author of the original SkinPerm model. Although various parameters and data outputs have been explained or defined in IH SkinPerm through comments tagged on individual fields, users are encouraged to read Chapter 13 of the Mathematical Models for

# IH SkinPerm

- Modelo para estimar absorción por la piel
  - Con base en modelos matemáticos y algoritmos
  - Corre en MS Excel
- Requiere pocos datos de entrada:
  - Masa en la piel, área de superficie, duración
  - Datos del agente: Peso molecular, presión de vapor, solubilidad, Log  $K_{ow}$ , densidad
- Considera la absorción y evaporación simultáneamente

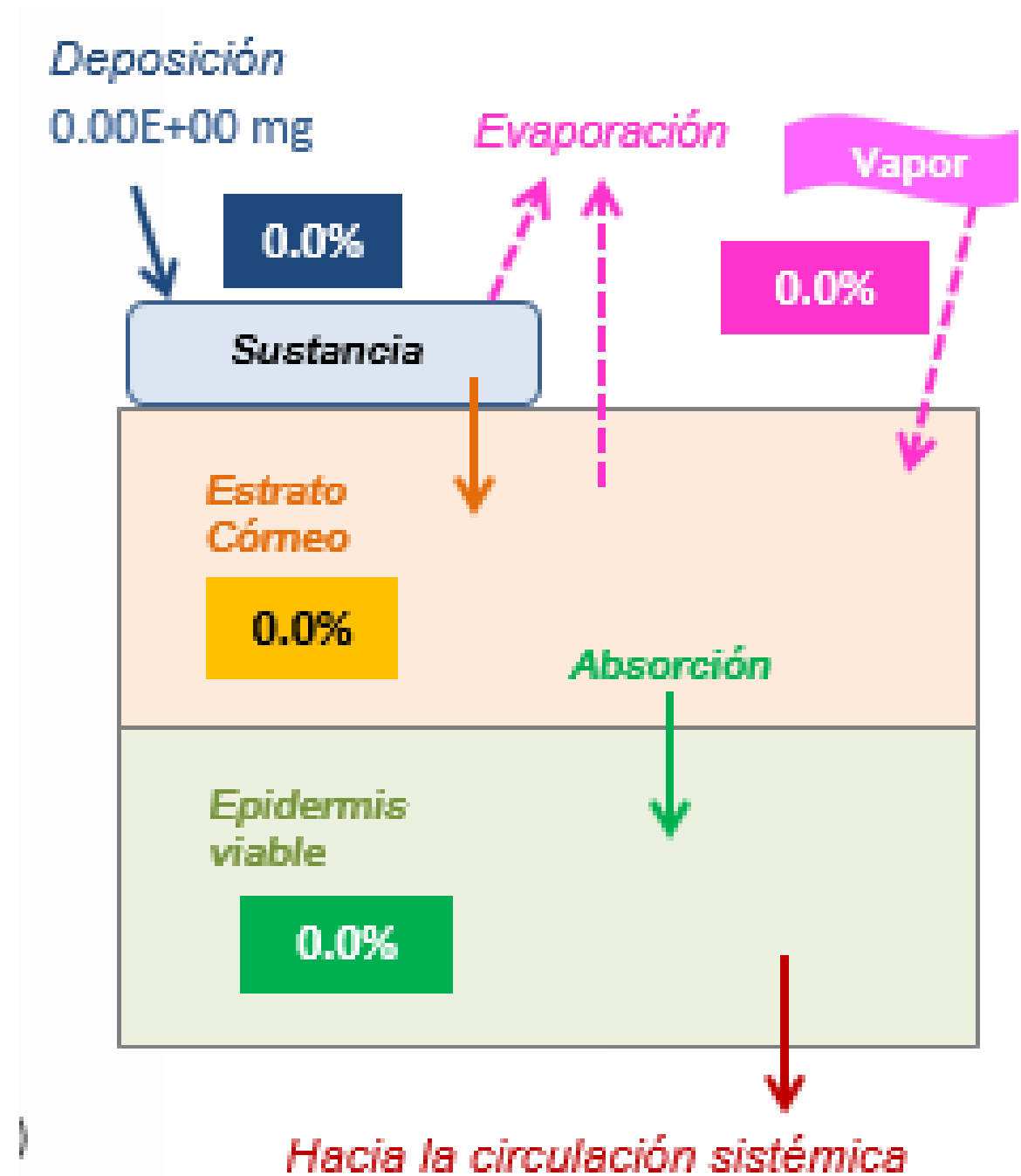
# IH SkinPerm

Buena correlación con estudios publicados (Tibaldi, 2014)

Substance	% Dermal Absorption		Ref
	Estimated by IH SkinPerm	Experimentally Reported	
1,1,1-Trichloroethane	0.065	0.07	1,2,3
1-Methoxy-2-propanol	10	7.5	4
Butoxyethanol	70	48	5,6
Ethoxyethanol	25	55	7
Methoxy-ethanol	15	42	7,8
Methylethylketone	1.9	3.2	4
N-hexane	0.014	0.04	2
Styrene	1.3	0.88	3
Tetrachloroethylene	0.15	0.11	3
Tetrahydrofurane	5.4	1.5	4
Toluene	0.48	0.3	2,3,4
Trichloroethylene	0.11	0.1	2
Xylene (mixed)	0.61	0.1-1	2,3,4,9

# IH SkinPerm

- Cuatro tipos de exposición dérmica se pueden modelar:
  - Deposición instantánea
  - Deposición en el tiempo
  - Absorción de vapores
  - A partir de una solución en agua



# IH SkinPerm

- *IH SkinPerm v2.0 Reference Manual* (Tibaldi, ten Berge, Dorlet) – May 2017
- Liga:
  - [https://aiha-assets.sfo2.digitaloceanspaces.com/AIHA/resources/Public-Resources/IH\\_SkinPerm\\_Manual\\_May\\_2017.pdf](https://aiha-assets.sfo2.digitaloceanspaces.com/AIHA/resources/Public-Resources/IH_SkinPerm_Manual_May_2017.pdf)



# IH SkinPerm

- **Deposición instantánea:** exposición tipo salpicado
  - Requiere masa depositada en mg
- **Deposición a través del tiempo:** exposición ocurre por varias horas, ej. pintar, cargar
  - Requiere la tasa de deposición en  $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{hora}$
- **Exposición de piel a vapor:** absorción de vapores en el aire
  - Requiere concentración en aire en  $\text{mg}/\text{m}^3$
- **Exposición a través de una solución:** exposición de la piel inmersa en agua
  - Requiere concentración de agua en  $\text{mg}/\text{L}$

# IH SkinPerm – datos de entrada



# IH SkinPerm™

Ingreso de datos



## 1 Selección de la sustancia

Escoja la sustancia

Base de



**SkinPerm**



**Usuario**



C.A.S.

Toluene (108-88-3)



LogKow en la piel con pH 5.5: **2.73**

# IH SkinPerm – datos de entrada

- **Deposición instantánea**

## 2 Tipo de exposición



**Deposición instantánea**



**Exposición de piel al vapor**



**Deposición a través del tiempo**



**A partir de una solución en agua**

*Dosis por deposición instantánea* 100 mg

*Área de la piel afectada* 1000 cm<sup>2</sup>

*Adherencia máxima en la piel* 7 mg/cm<sup>2</sup>

*Tasa de deposición dérmica* 1 mg/cm<sup>2</sup>/hr

*Concentración en aire* 1 mg/m<sup>3</sup>

*Espesor de la capa de aire inmóvil* 1 cm

*Fracción en peso* 1.00E+00

*Concentración en agua* 1 mg/L

*Espesor de la capa de agua* 1 cm

# IH SkinPerm – datos de entrada

- **Deposición a través del tiempo**

## 2 Tipo de exposición

- Deposición instantánea**       **Exposición de piel al vapor**  
 **Deposición a través del tiempo**       **A partir de una solución en agua**

<i>Dosis por deposición instantánea</i>	100 mg
<i>Área de la piel afectada</i>	1000 cm <sup>2</sup>
<i>Adherencia máxima en la piel</i>	7 mg/cm <sup>2</sup>
<i>Tasa de deposición dérmica</i>	1 mg/cm <sup>2</sup> /hr
<i>Concentración en aire</i>	1 mg/m <sup>3</sup>
<i>Espesor de la capa de aire inmóvil</i>	1 cm
<i>Fracción en peso</i>	1.00E+00
<i>Concentración en agua</i>	1 mg/L
<i>Espesor de la capa de agua</i>	1 cm



# IH SkinPerm – datos de entrada

- Exposición de piel a vapor

## 2 Tipo de exposición

- Deposición instantánea       Exposición de piel al vapor
- Deposición a través del tiempo       A partir de una solución en agua

<i>Dosis por deposición instantánea</i>	100 mg
<i>Área de la piel afectada</i>	1000 cm <sup>2</sup>
<i>Adherencia máxima en la piel</i>	7 mg/cm <sup>2</sup>
<i>Tasa de deposición dérmica</i>	1 mg/cm <sup>2</sup> /hr
<i>Concentración en aire</i>	1 mg/m <sup>3</sup>
<i>Espesor de la capa de aire inmóvil</i>	1 cm
<i>Fracción en peso</i>	1.00E+00
<i>Concentración en agua</i>	1 mg/L
<i>Espesor de la capa de agua</i>	1 cm



# IH SkinPerm – datos de entrada

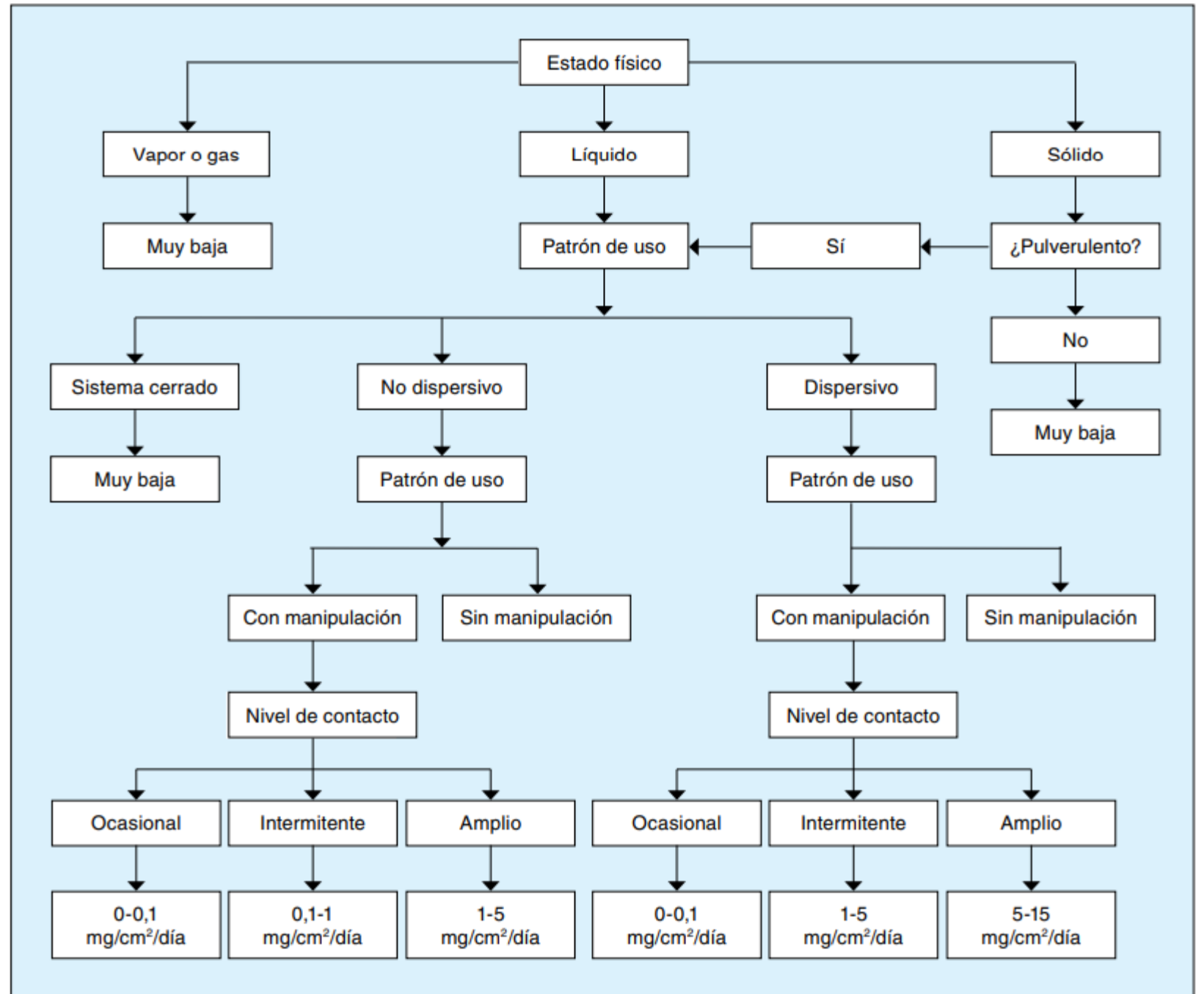
- **Área de piel afectada:**
  - Yema del dedo: 0,1 cm<sup>2</sup>
  - Dos manos: 1.000 cm<sup>2</sup>
  - Dos manos y antebrazos: 2.000 cm<sup>2</sup>
  - Cuerpo entero: 20.000 cm<sup>2</sup> = (2 m<sup>2</sup>)
- **Adherencia máxima en la piel:** refiere a la masa por cm<sup>2</sup> que físicamente se puede quedar en la piel
  - Máximo para sólidos = 3 mg/cm<sup>2</sup> (valor entre 0 y 3)
  - Máximo para líquidos = 10 mg/cm<sup>2</sup> (valor entre 0 y 10)

# IH SkinPerm – datos de entrada

- **Tasa de deposición dérmica:**

- Solo es necesaria para el tipo “deposición a través del tiempo”
- Unidad =  $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{hora}$
- IH SkinPerm: Usar ECETOC 2009 (*Tiered Risk Assessment* o Evaluación de riesgos por niveles)
- Buscar en literatura científica (revistas indexadas)
- Alternativa: usar como guía Modelo EASE ( $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{día}$ )

# Modelo EASE



Aproximado de tasa de deposición →



# IH SkinPerm – Datos de entrada

**Table 14.3 — Amount of Contaminant Retained on the Skin per Event**

<i>Activity</i>	<i>Description</i>	<i>Quantity Transferred to the Skin per Event (mg/cm<sup>2</sup>/event)<sup>a</sup></i>
Manual weighing and handling of powder	Scooping, pouring and mixing dry powder, flakes and granules into liquid; handling of bags	0.03–2.1
Handling wet or dried material in a filtration and drying process (powder, slurry)	Removing filter cake; loading wet or dry product onto filter tray; unloading dry material from filter press	0.005–0.63
Handling of liquids (solutions, suspensions, pure solvents) without immersion of hands	Opening containers; pouring into mixer; spill cleanup	<0.3–2.1
Immersion of hand into a liquid	Immersion of the hand into a liquid followed by partial wipe of the skin with a clean cloth	1.3–10.3

# IH SkinPerm – datos de entrada

- **Espesor de la capa de aire inmóvil:**
  - Piel desnuda = 1 cm
  - Ropa ligera = 3 cm
- **Fracción en peso:**
  - Número de 0 a 1 (1 es la sustancia pura)
  - Si mezcla es con una sustancia muy volátil (ej. disolvente), evaluar como una sustancia pura (es decir, usar 1 o una alta concentración)

# IH SkinPerm – datos de entrada

- **Tiempo de exposición:**

- Para “**Deposición instantánea**” no aplica la “duración de la exposición”
- Comienzo = 0
- Duración de la exposición = duración de la tarea donde hay exposición dérmica
- Tiempo final de la observación = duración del agente en el estrato córneo

# IH SkinPerm – Ejemplo #1

- **Asfaltado** de caminos dónde hay vapores y humos presentes (154 °C)
- Estudios arrojan la exposición más alta de naftaleno es 833 ng/m<sup>3</sup> (TWA)
- ¿Cuál es la exposición de **naftaleno** absorbida en un turno de 8 horas?




# Ejemplo #1

- Concentración: 833 ng/m<sup>3</sup>
- Área de superficie de la piel: 20.000 cm<sup>2</sup>
- Vestimenta estándar, aire estacionario: 3 cm
- Duración de la exposición: 8 horas

AIHA Exposure Assessment  
Protecting Worker Health


IH SkinPerm

Data input 

**1 Substance selection**

Choose substance

Database  SkinPerm  User's

Naphthalene (91-20-3) 

LogKow at skin pH 5.5: 3.3

**2 Scenario parameters**

Instantaneous deposition

Deposition over time

Vapor to skin scenario

Instantaneous deposition dose	0.01752 mg
Affected skin area	20000 cm <sup>2</sup>
Maximum skin adherence solids	-1 mg/cm <sup>2</sup>
Dermal deposition rate	1 mg/cm <sup>2</sup> /hr
Air concentration	0.000833 mg/m <sup>3</sup>
Thickness of stagnant air	3 cm

**3 Timing parameters**

Start deposition	0 hr
Duration of deposition	8 hr
End time observation	9 hr

**4 Report parameters**

Calculation intervals/hour	10000
Report intervals/hour	100

Version 1,21

# IH SkinPerm – Ejemplo #1

- Vapor total en la piel: 0,000624 mg
- Vapor absorbido en 8 horas: 0,000616 mg
- TLV de naftaleno: 52 mg/m<sup>3</sup>, convertido a dosis diaria equivalente: 520 mg
- Absorción de vapores de naftaleno se evalúa como un riesgo bajo:
  - 0,000616 mg < 520 mg

<i>Substance</i>	<b>Naphthalene (91-20-3)</b>
<i>Deposition</i>	0 mg/hour
<i>Duration</i>	0 hours
<i>Tot. Deposition</i>	0.000624 mg
<i>Fraction absorbed</i>	98.7%
<i>Amount absorbed</i>	0.000616 mg

## Ejemplo #2

- Trabajador entra en contacto con 5 ml de **asfalto** por hora
- Exposición ocurre en ambas manos (980cm<sup>2</sup>) y supone:
  - Manos sin guantes
  - Poca higiene (lavado de manos)
- ¿Cuánto **naftaleno** se absorbe al final de un turno de 8 horas?




# Ejemplo #2

- Naftaleno en asfalto es  $< 0,001 \%$  (*Bitument Report 2011*)
- 5 ml de asfalto = 0,057 mg de naftaleno
- Área de superficie de la piel =  $980 \text{ cm}^2$
- Tiempo de exposición = 8 horas
- Tasa de deposición =  $0,000058 \text{ mg/cm}^2/\text{hr}$
- Capa de aire (piel desnuda) = 1 cm

AIHA Exposure Assessment Protecting Worker Health


## IH SkinPerm

Data input 

**1 Substance selection**

Choose substance

Database  SkinPerm  User's

Naphthalene (91-20-3) 

LogKow at skin pH 5.5: 3.3

**2 Scenario parameters**

Instantaneous deposition  
 Deposition over time  
 Vapor to skin scenario

Instantaneous deposition dose	0.01752 mg
Affected skin area	980 cm <sup>2</sup>
Maximum skin adherence solids	-1 mg/cm <sup>2</sup>
Dermal deposition rate	0.000058 mg/cm <sup>2</sup> /hr
Air concentration	0.000833 mg/m <sup>3</sup>
Thickness of stagnant air	1 cm



**3 Timing parameters**

Start deposition	0 hr
Duration of deposition	8 hr
End time observation	9 hr

**4 Report parameters**

Calculation intervals/hour	10000
Report intervals/hour	100

**5**

 Version 1,21  Reset



# Ejemplo #2 - Resultados

- Deposición total en la piel = 0,45 mg
- Estimado de la absorción de IHSkinPerm: 0,23 mg << OEL (dosis equivalente) de 520 mg
- Comparado con:
  - Hicks (1995) “wipe samples” después de turno 510-520 ng/cm<sup>2</sup> (2 manos = 0.51 mg)
  - McClean (2004) “dermal wrist patches” 27 ng/cm<sup>2</sup> - 417 ng/cm<sup>2</sup> (2 manos = 0.03 a 0,41 mg)

Substance	<b>Naphthalene (91-20-3)</b>
Deposition	<b>0.05684 mg/hour</b>
Duration	<b>8 hours</b>
Tot. Deposition	<b>0.45472 mg</b>
Fraction absorbed	<b>50.4%</b>
Amount absorbed	<b>0.22928 mg</b>
Max. derm. abs.	<b>2.77E-3 mg/cm<sup>2</sup>/hr</b>

# Análisis Comparativo

## Ejemplo de un análisis comparativo

Absorción percutánea máxima para 2000 cm<sup>2</sup>  
en 1 hora (mg) (desde líquido)

0 mg

Tasa de absorción piel/inhalación  
(del vapor en aire)

0

El área superficial de la piel en manos y antebrazos es aprox. 2000 cm<sup>2</sup>. Si la masa (mg) absorbida por la piel en 1 h es más de 10% del OEL por inhalación (mg), la sustancia cumple con el criterio para la notación de «vía dérmica» de la UE.

¡Esto significa que una protección respiratoria completa brindará ? % de protección a la sobre-exposición al vapor de la sustancia por absorción dérmica sobre todo el cuerpo!

853 lines/sec



# Análisis Comparativo - Explicación

- “IH SkinPerm estima la dosis de absorción dérmica para el cuerpo entero usando ropa ligera por un periodo de 8 horas. Este valor se compara con una dosis inhalada por 8 horas. IH SkinPerm entonces presenta esta relación entre la dosis absorbida y la dosis inhalada. De esta relación, se estima un nivel de protección respiratoria.”

# Consideraciones

- Supone piel sana
- El medio o co-exposición puede influenciar la absorción
- Supone condiciones de “no-oclusión”
- Funciona mejor con coeficiente de reparto ( $\text{LogK}_{ow}$ ) de -3 a 6 y peso molecular  $< 600$

Prevención

# Prevención

- Jerarquía de Controles
- Cremas protectoras
  - No son agentes neutralizantes de sustancias químicas
  - ¿Nivel de protección?
- Guantes / trajes



Fuente: HSE's Managing skin exposure risks at work HSG262



**Figure 6** A floor coating being applied by a worker who is kneeling down and using a short-handled spreader



Source: HSE's Managing skin exposure risks at work HSG262



# GUANTES

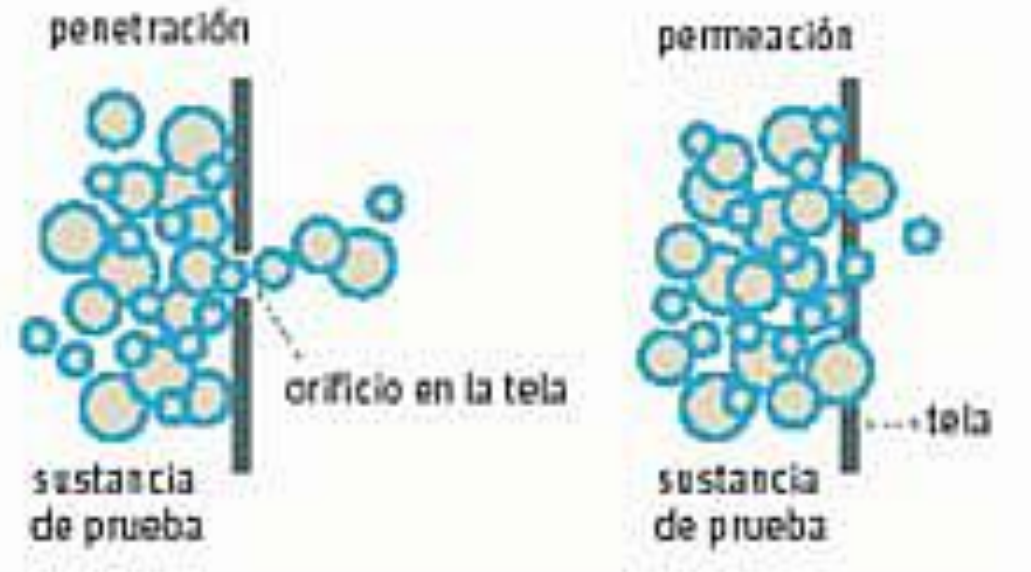
- No hay un guante universal
- Algunos guantes no ofrecen protección alguna contra ciertos químicos
- El fabricante del guante tiene la mejor información sobre resistencia

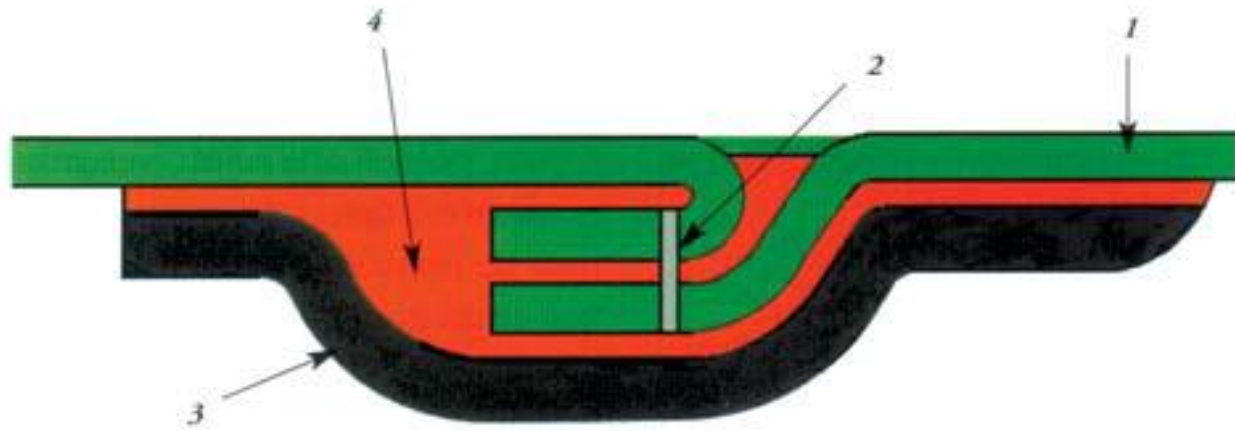
# GUANTES - Consideraciones

- Químico(s) a manejar
- Grosor del guante (destreza requerida en la tarea)
- Longitud de la manga
- Alergias del usuario (usualmente al latex)
- Otros riesgos además del químico
  - Temperatura
  - Físico (machucar)

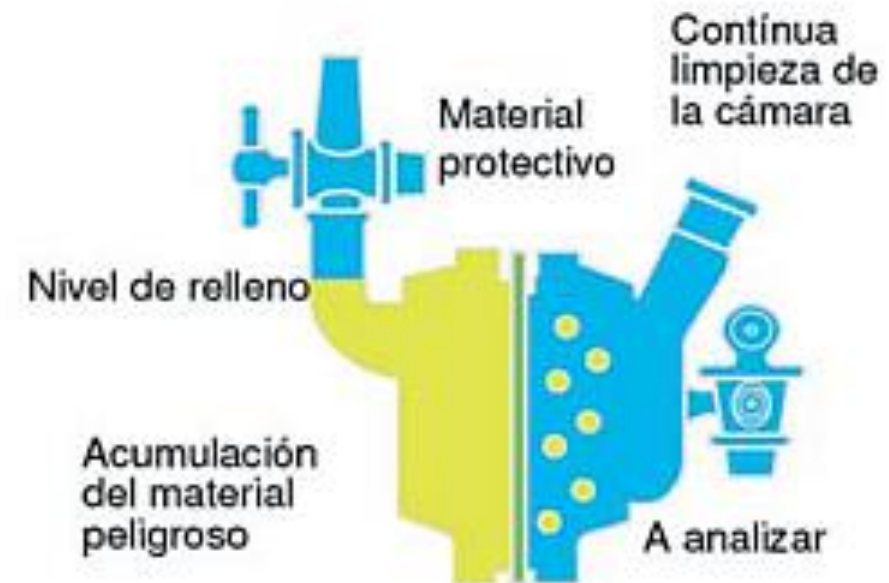
# PRUEBAS

- **Prueba de Penetración**: flujo de químicos a través de cremalleras, costuras, etc...
  - Pasa
  - Falla
- **Prueba de Permeación**: difusión a través del material intacto (medido en unidades de masa/área/tiempo:  $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{hora}$ )
  - En vapor (cámara hermética)
  - En líquido (inmersión total en el agente)





Unión típica hermética a gases: 1- Material protector; 2- Cosido; 3- cinta sellado interno; 4- Elastómetro sellado costura.



# Tabla de Resistencia a Químicos-General

<b>MATERIAL</b>	<b>RESISTENTE A:</b>	<b>NO ES RECOMENDADO PARA:</b>
Caucho/Hule <i>Butyl Rubber</i>	Orgánicos, cetonas, ésteres	Alifáticos, hidrocarburos aromáticos y halogenados, gasolina
Látex	Alcoholes, ácidos, alcalinos, cetona	Aromáticos, solventes halogenados
Neopreno	ácidos orgánicos, alcalinos peroxidantes, fenoles, solventes	Aromáticos, solventes halogenados
Nitrilo	Solventes, aceites, alcoholes, algunos ácidos y alcalinos	Cetonas, ácidos oxidantes, orgánicos que contengan nitrógeno
PVC <i>Polivynil Chloride</i>	Alcoholes, ácidos, alcalinos	Aromáticos y solventes halogenados, cetonas
<i>Viton</i>	Solventes aromáticos y halogenados, alcoholes	

# Tabla de Resistencia a Químicos-Específica

GUANTE	ALCOHOL	ALDEHÍDO	AMINAS	ÉSTERES	HALÓGENOS	HIDROCARBUROS	ÁCIDOS	ALCALINOS	CETONAS
Caucho/Hule	*	N	N	N	N	N	*	R	N
Neopreno	R	N	*	*	N	N	*	R	N
Nitrilo	R	N	*	*	N	*	*	R	*
Caucho de butilo	R	R	*	*	N	N	*	R	*
Viton	R	R	R	*	R	R	R	R	N
PVC	*	N	N	*	N	N	*	*	N

R Recomendado

N No Recomendado

\* Resultados mixtos para esta clase de químicos

Nota: el desempeño del guante varia con el grosor y se dan solo como una evaluación general de la resistencia del guante. Cuando esté disponible, use la información específica del guante a usar y la combinación de químicos.

Fuente: Información adoptada y consolidada de "Guías para la selección de vestimenta contra químicos", 3<sup>ra</sup> edición, *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, Cincinnati, Ohio, 1987.

# GUÍA DE RESISTENCIA QUÍMICA



SPA	NITRILO		NEOPRENO		PVA Alcohol de Polivinilo		PVC Cloruro de Polivinilo		CAUCHO NATURAL		LLDPE	
	Indice de degradación	Permeabilidad (paso)	Indice de degradación	Permeabilidad (paso)	Indice de degradación	Permeabilidad (paso)	Indice de degradación	Permeabilidad (paso)	Indice de degradación	Permeabilidad (paso)	Indice de degradación	Permeabilidad (paso)
Acido propiónico	NA		NA		NA		NA		NA		(4)	>480
Acido sulfúrico (95%)	NR (3)	—	F (2)	105 min	NR (3)	—	G (2)	3,6 hr	NR (3)	—	(4)	>480
Acido sulfúrico de batería (47%)	E (2)	ND	E (1)	ND	NR (3)	—	G (1)	ND	E (1)	ND	N.A.	N.A.
Acido tánico (65%)	E (1)	ND	E (1)	ND	P (3)	—	E (1)	ND	E (1)	ND	N.A.	N.A.
Acid fosfórico (85%)	NA		NA		NR (3)	—	NA		NA		(4)	>480
Acrlonitrilo	NA		NA		NA		NA		NA		E	>480
Agua regia	F (2)	ND	G (1)	ND	NR (3)	—	G (1)	2 hr	NR (3)	—	N.A.	N.A.
Alcohol alílico	NA		NA		NA		P (3)	60 min	E (1)	>10 min	(4)	>480
Alcohol amílico	E (1)	30 min	E (1)	290 min	G (1)	3 hr	G (2)	12 min	E (2)	25 min	N.A.	N.A.
Alcohol butílico	E (1)	ND	E (1)	210 min	F (2)	1,2 hr	G (1)	3 hr	E (2)	20 min	(4)	>480
Alcohol diacetona	G (1)	4 hr	E (1)	140 min	— (2)	2,5 hr	NR (3)	—	E (2)	15 min	(4)	>480
Alcohol etílico	E (1)	4 hr	E (1)	113 min	NR (3)	—	G (1)	1 hr	E (2)	37 min	(4)	>480
Alcohol furfurílico	NA		NA		NA		NA		NA		(4)	>480
Alcohol isobutílico	E (1)	ND	E (1)	ND	P (3)	—	F (2)	10 min	E (2)	15 min	(4)	>480
Alcohol isopropílico	E (1)	ND	E (2)	<10 min	NR (3)	—	G (1)	2,5 hr	E (2)	20 min	(4)	>480
Alcohol metílico	E (2)	11 min	E (2)	66 min	NR (3)	—	G (1)	45 min	E (2)	20 min	E	>480
Alcohol octílico	E (1)	ND	E (2)	<10 min	G (1)	ND	F (2)	> 6 hr	E (1)	30 min	N.A.	N.A.
Alcohol propílico	E (1)	ND	E (1)	200 min	P (3)	—	F (2)	1,5 hr	E (2)	20 min	(4)	>480
Alcoholes minerales (grado 66)	E (1)	ND	G (1)	ND	E (1)	ND	F (2)	2,5 hr	NR (3)	—	N.A.	N.A.

# Tabla de Resistencia a Riesgos Físicos

GUANTE	RESISTENCIA A							COSTO RELATIVO
	ABRASIÓN	CORTADA	PUNZADA	ROTURA	FLEXIBILIDAD	CALOR	LLAMAS	
Caucho/Hule	E	E	E	E	E	M	M	Mediano
Neopreno	E	E	E	B	B	B	E	Mediano
Nitrilo	E	E	B	B	E	B	B	Mediano
Caucho de butilo	M	B	B	B	B	E	P	Alto
Viton	B	B	B	B	B	B	P	Muy Alto
PVC	B	P	B	B	M	P	P	Bajo

E	Excelente
B	Buena
M	Mediana
P	Poca

Nota: Las clasificaciones están sujetas a variaciones dependiendo del grosor y tipo de fabrica de soporte

Fuente: primordialmente de "Guías para la selección de vestimenta contra químicos", 3<sup>ra</sup> edición, *American Conference of Governmental Industrial Hygienists*, Cincinnati, Ohio, 1987.



Descontaminación

# Descontaminación de la piel - Problema

- El **agua y jabón** aumenta la absorción de agentes lipofílicos
- El uso de detergentes o desengrasantes con **grumos o arenilla** tienden a dañar la barrera protectora de la piel, causando dermatitis y aumento de la absorción

# Descontaminación de la piel - Problema

- Los **aditivos en cremas como *aloe vera*** y **mistrato de isopropilo** se absorbe rápidamente en el estrato córneo y ayudan a la mejor absorción de agentes lipofílicos
- D-limoneno, componente en **jabones cítricos**, aumentan la penetración de algunos fármacos
- Los disolventes pueden mejorar la absorción de metileno dianlina (*MDA*). El lavado con agua y jabón es ineficiente para este agente

# Descontaminación de la piel – Propuesta

- Usar limpiadores con disolventes de peso molecular alto (>350) que son efectivos contra químicos liposolubles.
  - Estos disolventes no afectan el estrato córneo
  - Ej: poliglicoles, aceites vegetales
- Escoger agentes descontaminantes con base en la solubilidad ( $\text{LogK}_{ow}$ ) del químico contaminante de la piel

# ¿Preguntas/Comentarios?



eduardoshaw@yahoo.com  
giselamunozhernandez@gmail



+507 6747-1539  
+314 289-1956



@edshaw\_cih

**¡Gracias!**

# Patologías de la Piel

Dermatosis de Origen Ocupacional

# Exposición Dérmica – Efectos sobre la piel

- **Dermatosis profesionales:**
  - Son aquellas alteraciones de la piel en cuya etiología el trabajo es la causa principal para su presentación.
  - El término *dermatosis* se aplica a cualquier enfermedad de la piel.
  - La *dermatitis* se refiere únicamente a la inflamación de la piel.
  - Con frecuencia se utiliza también la palabra *eczema* como sustituto de dermatitis.

# Frecuencia

- Las dermatosis constituyen la forma más frecuente de enfermedades del trabajo (aproximadamente el 40%).
- El 85-90% de los casos son **dermatitis** por contacto con agentes químicos, los cuales pueden actuar como irritantes o alérgenos.
- En el 90% de los casos, las **manos** son los sitios más afectados.



# Causas de Dermatitis Profesionales

## AGENTES MECANICOS



Fricción, presión, abrasión,  
Laceración y vibración.

Irritantes y sensibilizantes  
Orgánicos e inorgánicos.



## AGENTES QUIMICOS

## AGENTES FISICOS



Calor, frío, luz solar, luz ultra-  
violeta y radiaciones ionizantes

Bacterias, hongos, virus,  
vegetales y parásitos



## AGENTES BIOLÓGICOS

# Irritantes más frecuentes de la piel

- Agentes de limpieza
- Disolventes orgánicos
- Aceites
- Álcalis
- Ácidos

# Presentaciones clínicas más frecuentes:

- Dermatitis de contacto (aguda y crónica):
- Ulceraciones
- Granulomas
- Neoplasias - cáncer



# Dermatitis irritante tardía por cemento y cromo



# Dermatitis por fibra de vidrio



# Dermatitis alérgica por contacto con hule



# Ulceras por cromo



# Dermatosis asociadas con efectos sistémicos

- Cloracné (dermatitis acneiformes)
- Melanosis (aumento de la pigmentación)
- Leucodermia (disminución de la pigmentación)



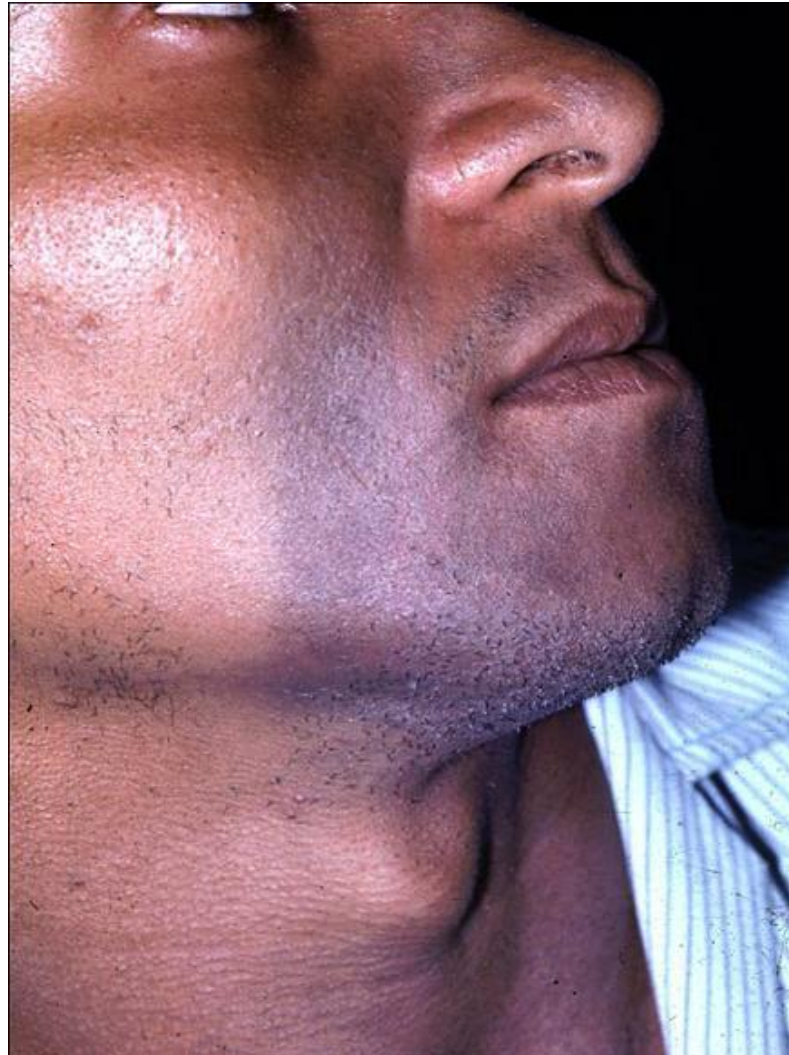


# Químicos que producen cloracné

- Naftalenos polihalogenados
- Bifenilos policlorados
- Dibenzofuranos polihalogenados
- Compuestos policlorofenólicos:
  - Herbicida 4,5-T
  - 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina
- Contaminantes de 3,4-dicloroanilina
- Otros: DDT, triclorobenceno crudo



# Melanosis por respirador de goma



# Leucodermia

- Es indistinguible del vitíligo.
- Es ocasionado por contacto con éter bencílico de hidroquinona, que es un antidegradante en la vulcanización del hule.
- También se debe a la absorción de otros compuestos fenólicos, como el p-ter-butil fenol.



DOIA

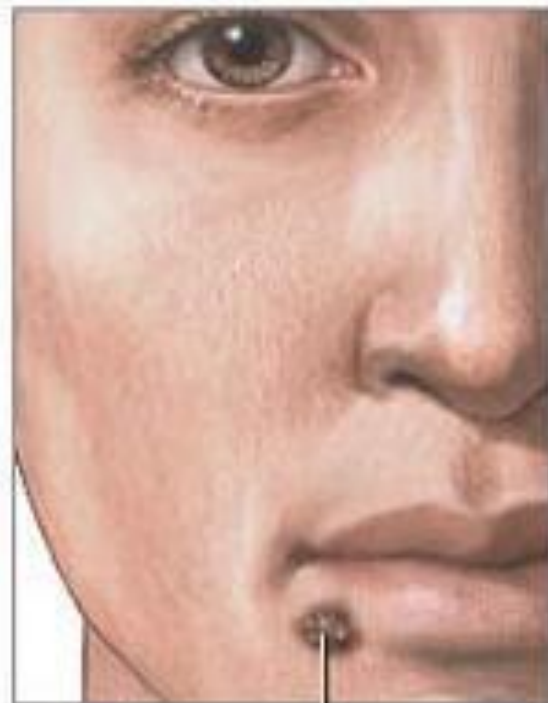
(c) University Erlangen,  
Department of Dermatology



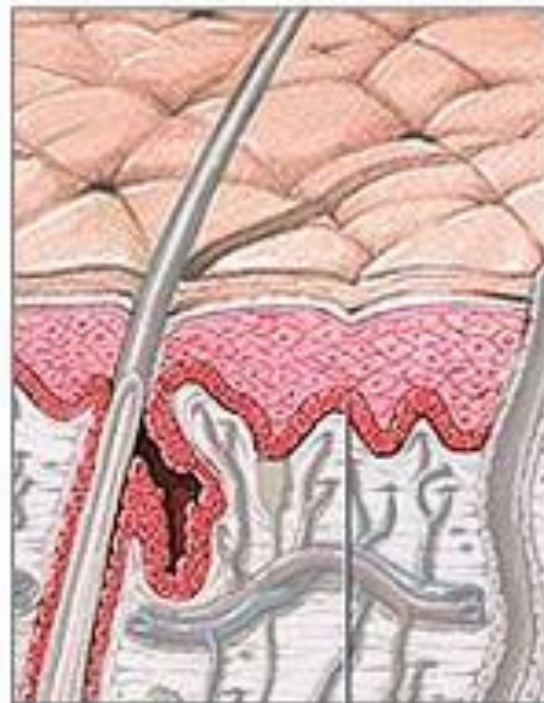
# Leucodermia



# Carcinoma de Células Basales o Epitelioma Basocelular

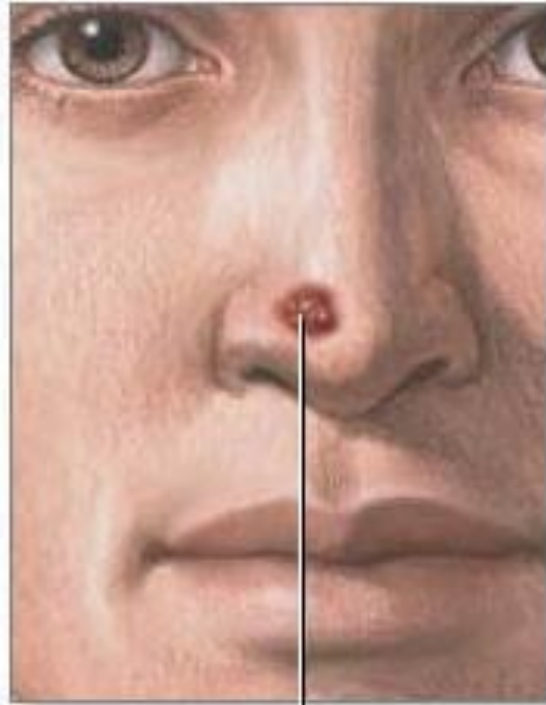


**Cáncer de células  
basales**

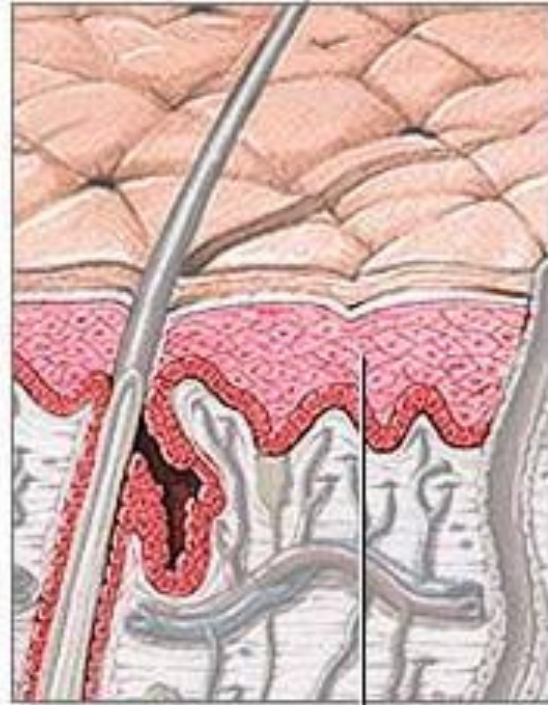


**Capa celular basal  
de la piel**

# Carcinoma de Células Escamosas o Epidermoide

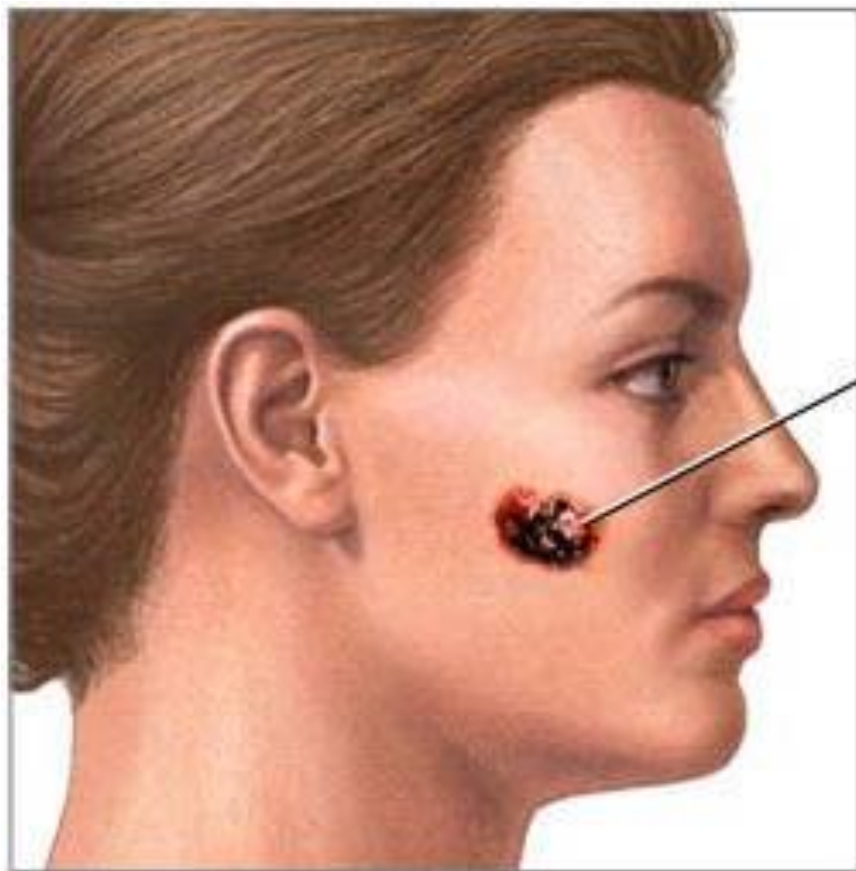


**Carcinoma de células escamosas**

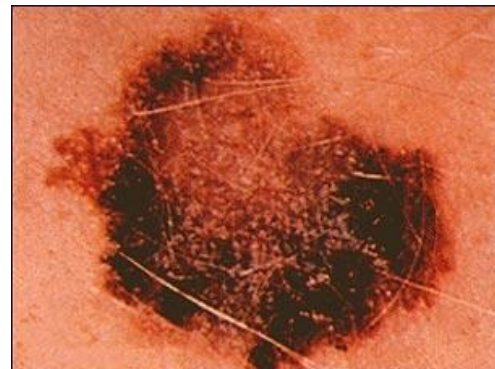


**Capa de células escamosas de la piel**

# Melanoma Maligno



Melanoma  
maligno

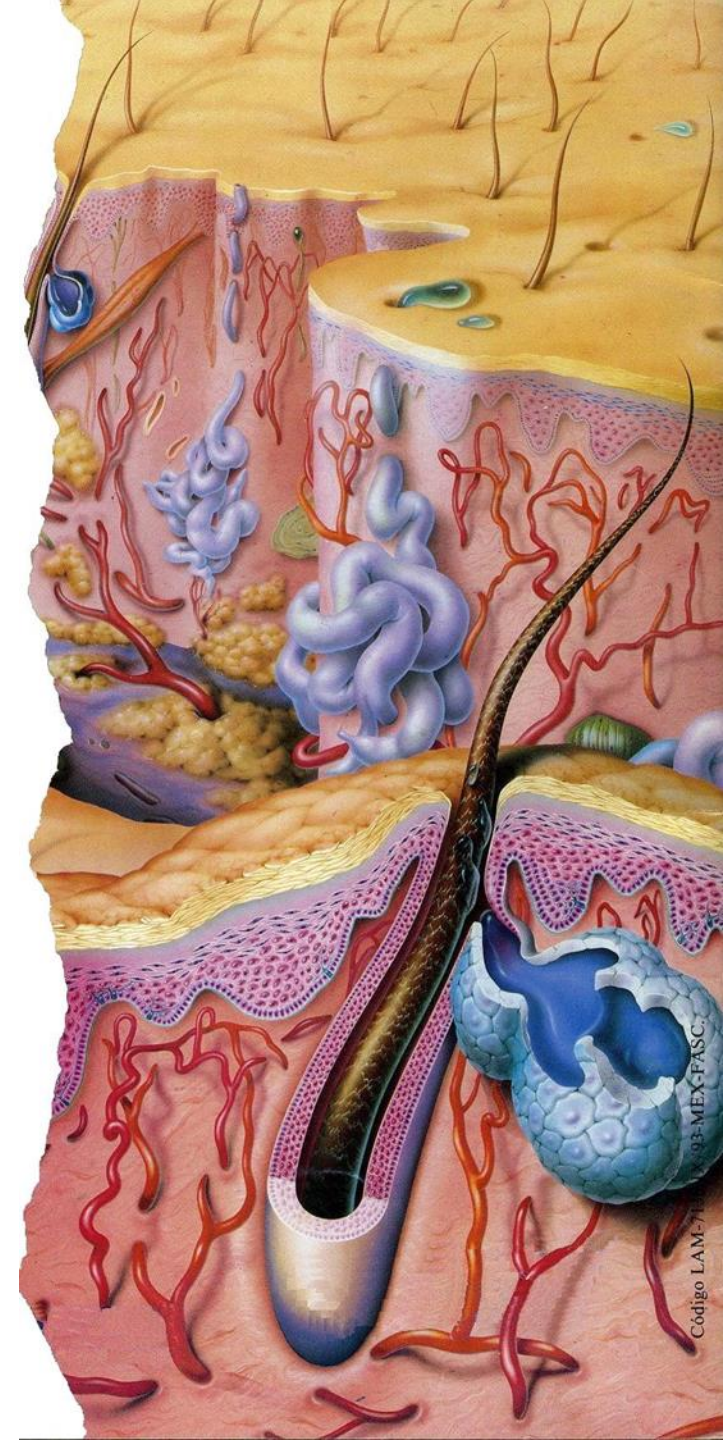
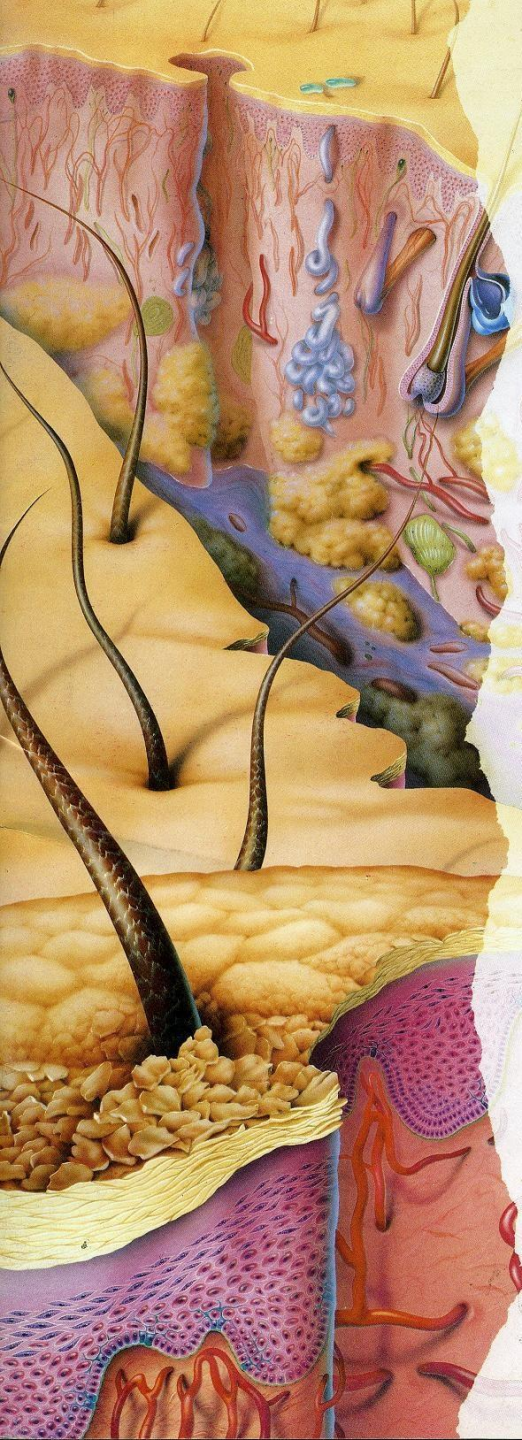


# Fisiología de la Piel

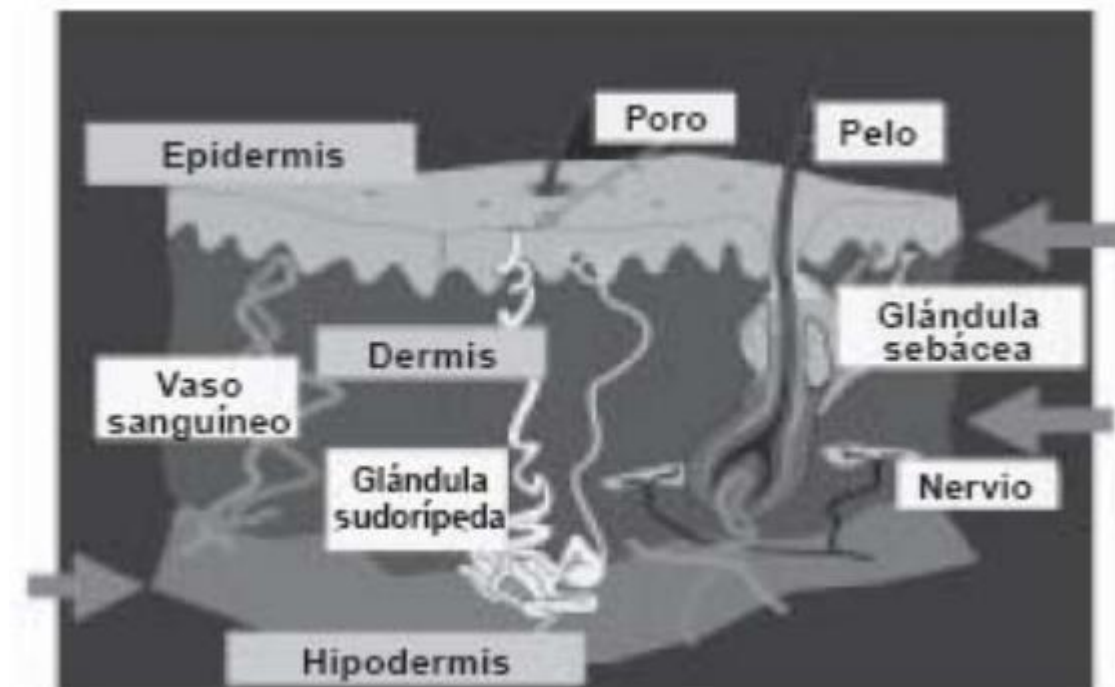
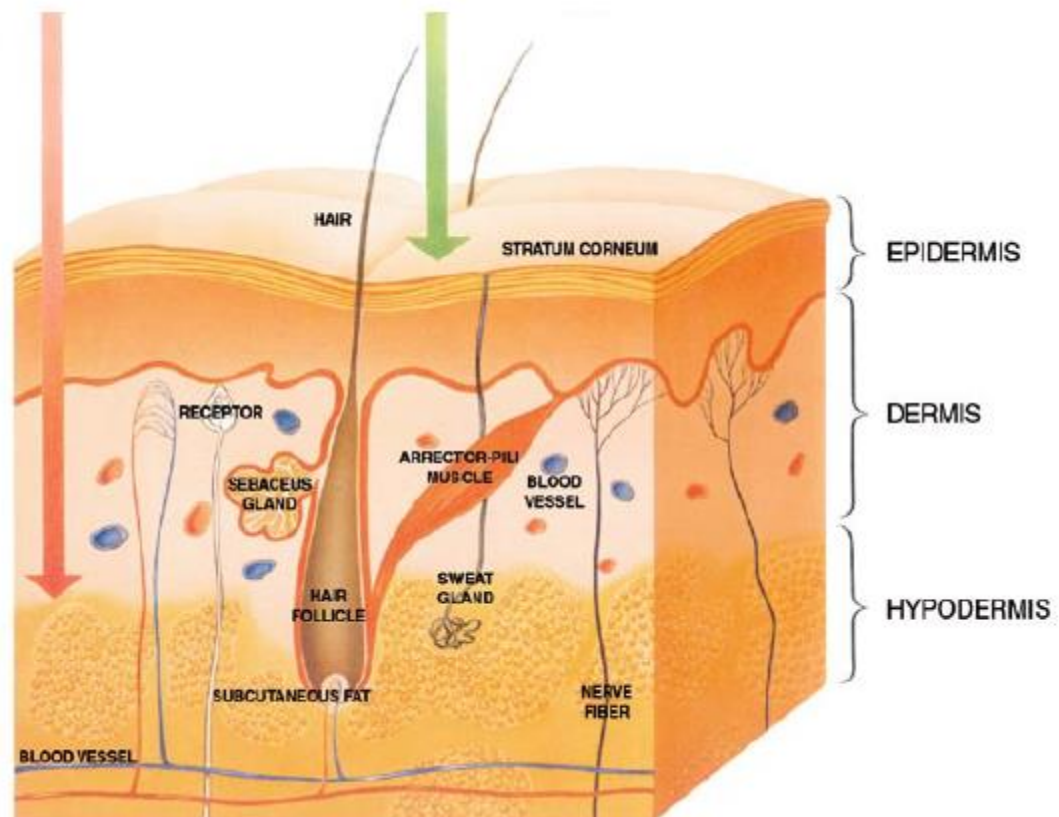


Un cm<sup>2</sup> de piel contiene:

- 3,000,000 de células
- 3,000 células sensitivas en terminales nerviosas
- 100 glándulas sudoríparas
- 91 cm de vasos sanguíneos
- 15 glándulas sebáceas
- 10 bellos

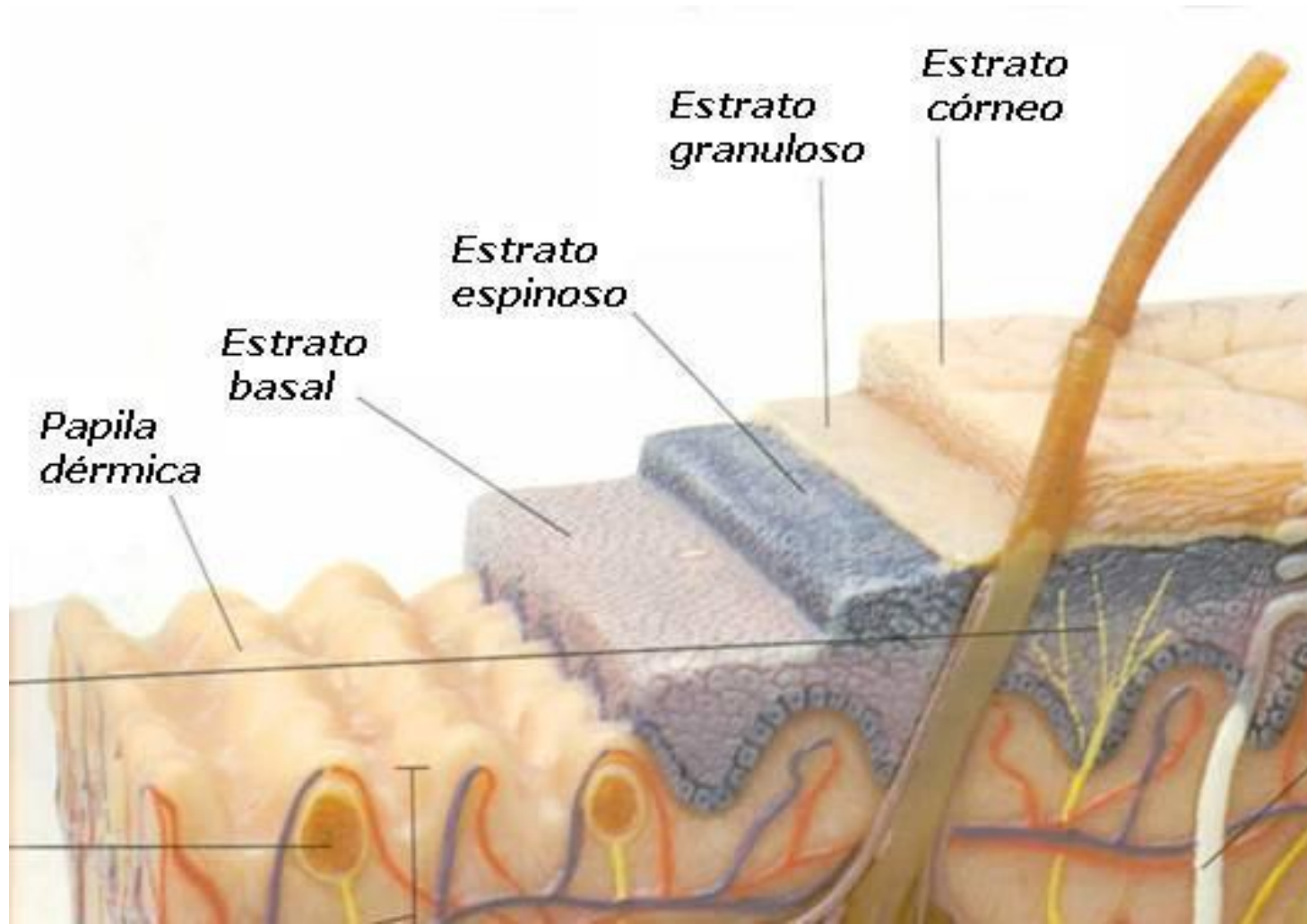


La piel está formada por:



# Epidermis

- Está constituida por varias capas de células:



# Funciones de la Piel

- Protege al organismo contra la invasión de microorganismos, el daño a los tejidos internos más sensibles y la pérdida de humedad.
- Sirve como un órgano de percepción para el sistema nervioso.
- Regula de la temperatura.
- Protege, a través de la pigmentación, contra los daños producidos por la radiación solar.