



# Fundamentos de Intemperismo en el laboratorio

**Q-Lab Corporation / Xperto Integral Systems**

**Presentado por Mayel Cantú**

**24 Junio 2020**

# Q-Lab Corp.

- Fundado en 1956
- Especializados en equipos y servicios de prueba de durabilidad de materiales.



**Westlake, Ohio**  
**Sede y división de**  
**instrumentos**



**Bolton, Inglaterra**  
**Q-Lab Europa**



**Shanghai, China**  
**Q-Lab China**



**Saarbrücken Alemania,**  
**Q-Lab Alemania**

# Sitios de intemperismo al aire libre Q-Lab



# De lo que hablaremos

- **Conceptos básicos de intemperismo**
- ¿Por qué realizar intemperismo en el laboratorio?
- Pruebas de intemperismo en el laboratorio
  - Xenón
  - UV fluorescente
- Elementos de un programa de prueba efectivo

# ¿Qué es el intemperismo?

Cambios en las propiedades del material como resultado de la exposición a la **energía radiante** presente en la luz solar, en combinación con el **calor** (contemplando el ciclo de temperatura) y el **agua** en sus diversos estados, principalmente como humedad, rocío y lluvia.

# Las fuerzas de la intemperie conocen a tu enemigo

- Luz del sol
- Calor
- Agua



*\* Otros factores también pueden afectar el intemperismo, pero hoy no nos centraremos en ellos*

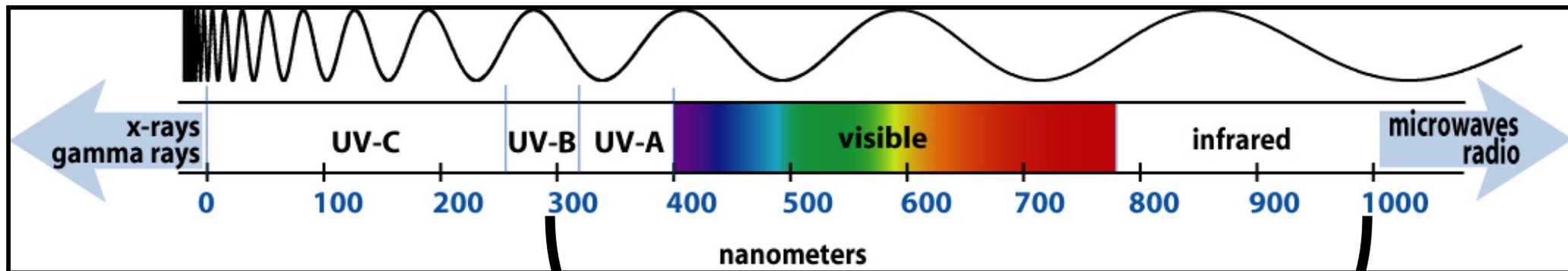
# Luz del sol



# Luz del sol

- Una forma de energía
- Radiación electromagnética
- Generalmente se describe en términos de irradiación y longitud de onda ( $\lambda$ )

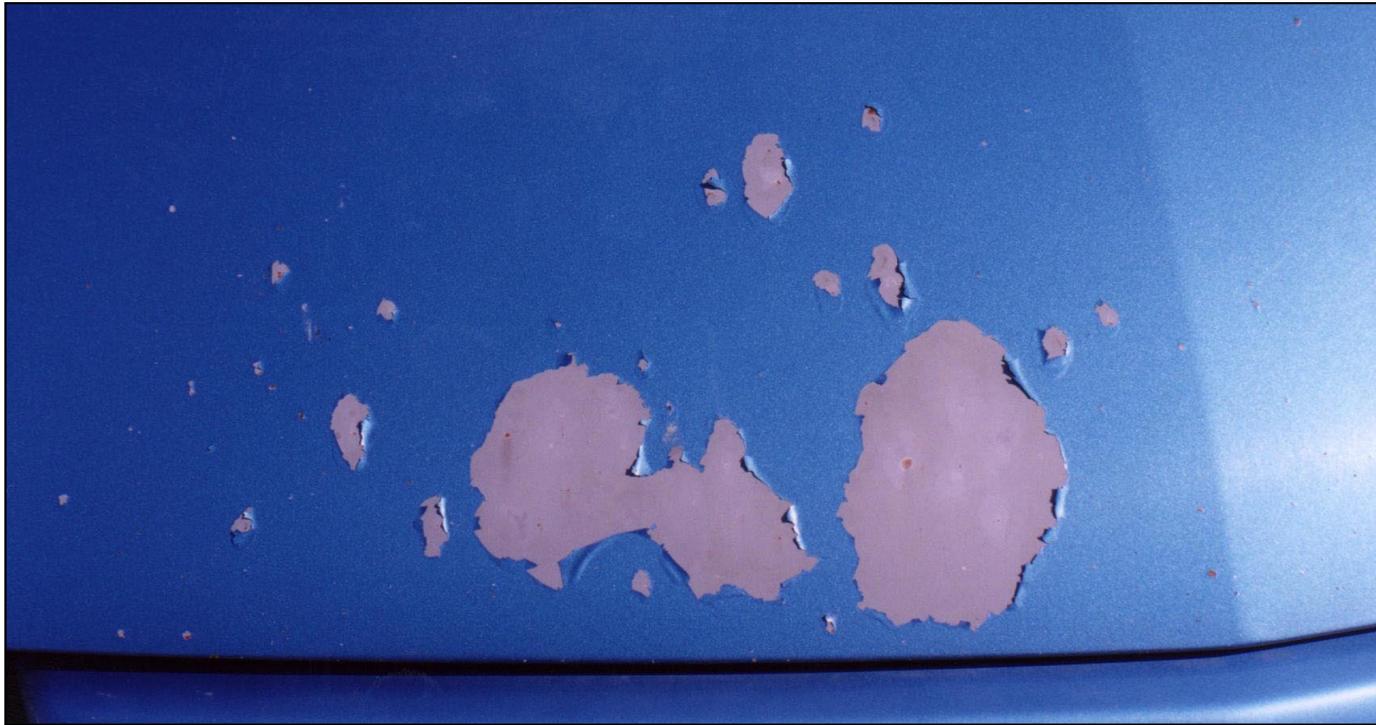
# Espectro electromagnético



## Luz solar

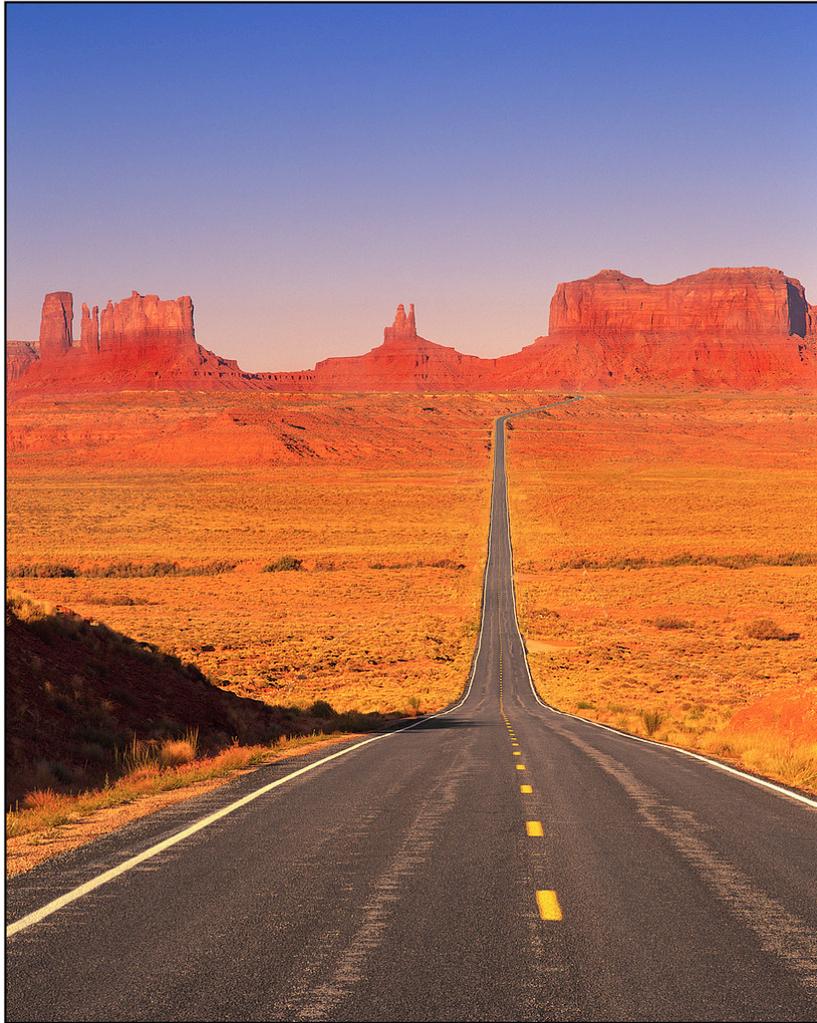
UV	295-400 nm	~7%
Visible	400-800 nm	~55%
IR	800-3000 nm	~38%

# Aunque es solo el 7% de la energía radiante total de la luz solar ...



¡La radiación UV causa prácticamente toda la degradación del polímero!

# Irradiación



**Irradiación<sup>1</sup>** es la velocidad a la que la energía de la luz cae sobre una superficie, por unidad de área

$$[\text{W}/\text{m}^2] \text{ o } [\text{J}/\text{s}\cdot\text{m}^2]$$

**Irradiación de exposición<sup>1</sup>** (o dosis radiante) es la irradiación durante un período de tiempo

$$[\text{J}/\text{m}^2] \text{ o } [\text{W}\cdot\text{s}/\text{m}^2]$$

**Irradiación espectral<sup>2</sup>** es la irradiación de una superficie por unidad de longitud de onda

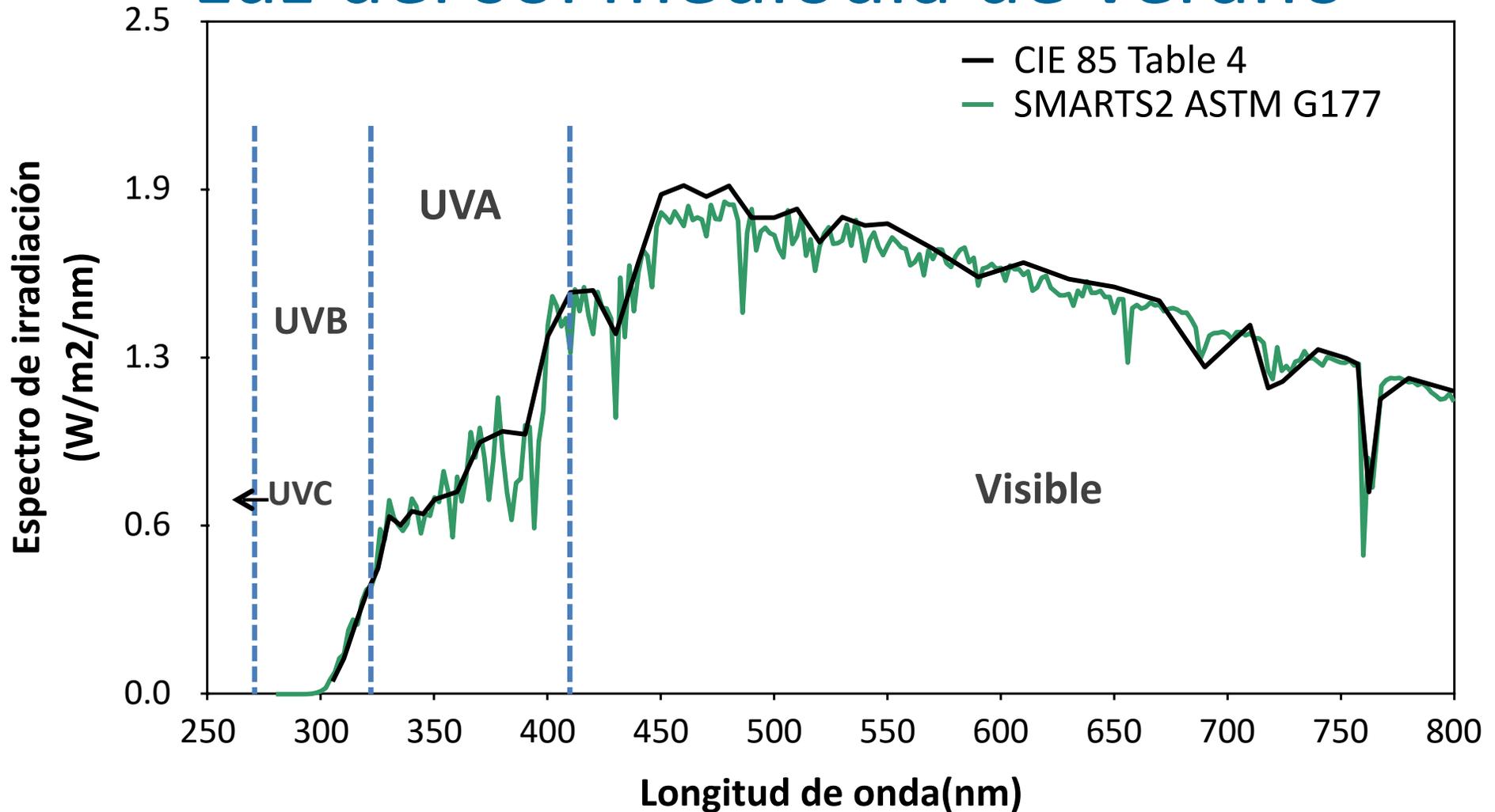
$$[\text{W}/\text{m}^2/\text{nm}]$$

<sup>1</sup>ASTM G113 –Terminología

<sup>2</sup>ISO 9288 – Cantidades físicas y definiciones

# Distribución de energía espectral (SPD)

## Luz del sol mediodía de verano



*SPD: La potencia radiante absoluta o relativa emitida por una fuente, incide sobre un receptor en función de la longitud de onda. (ASTM G113)*

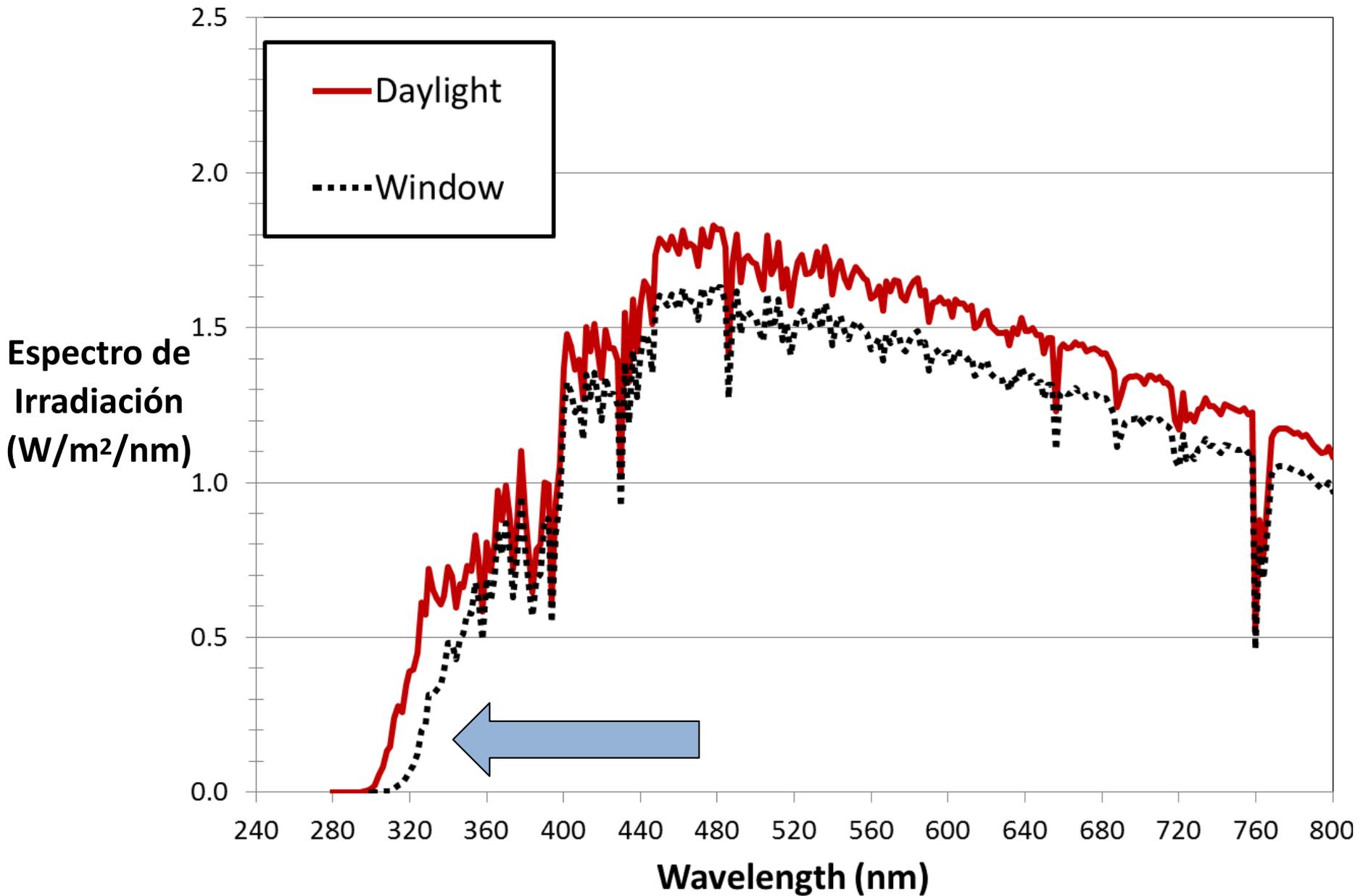
# Modificadores del espectro de luz



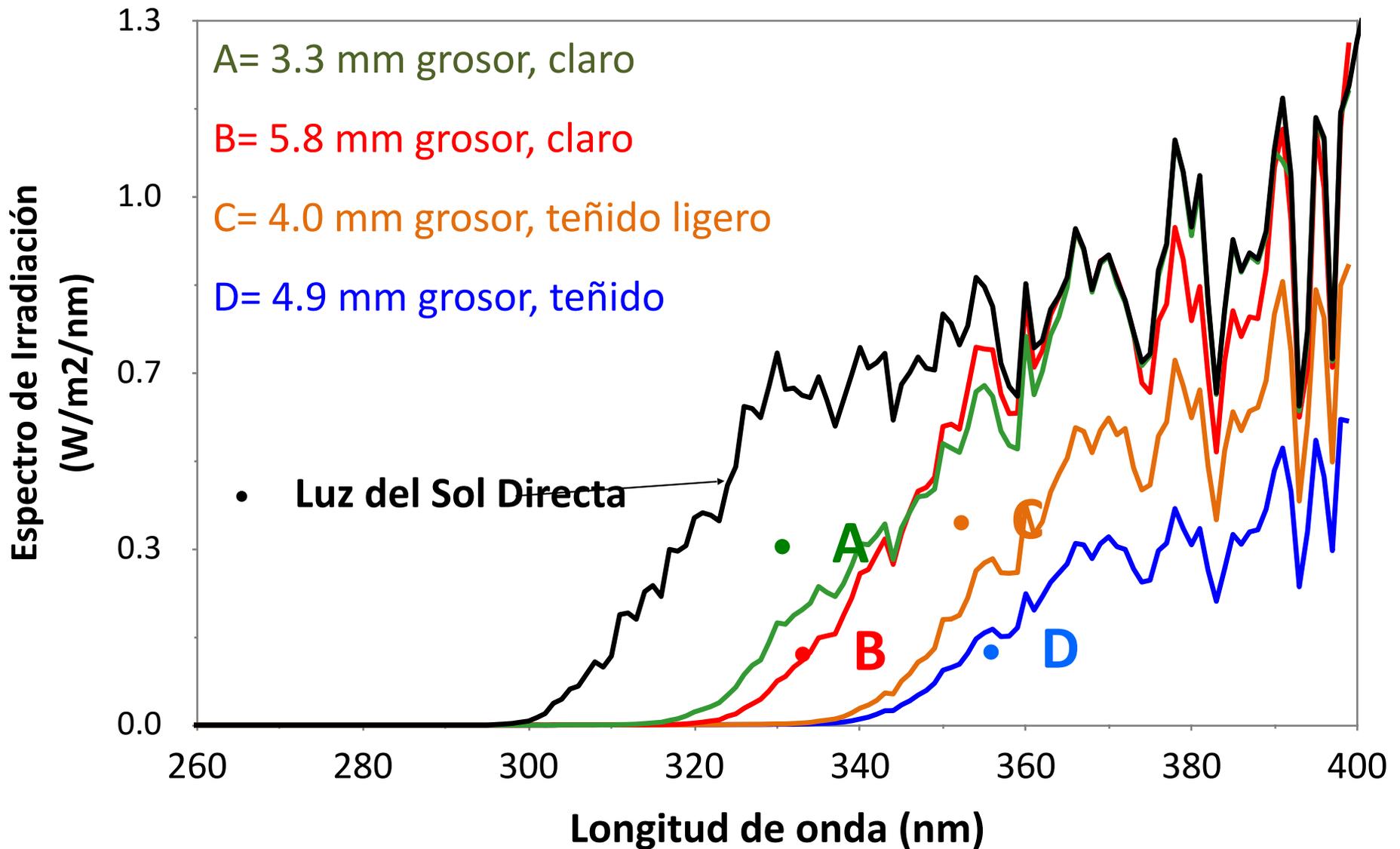
## Ángulo del sol

- Época del año (verano / invierno)
- Hora del día (mañana mediodía)
- Latitud y altitud

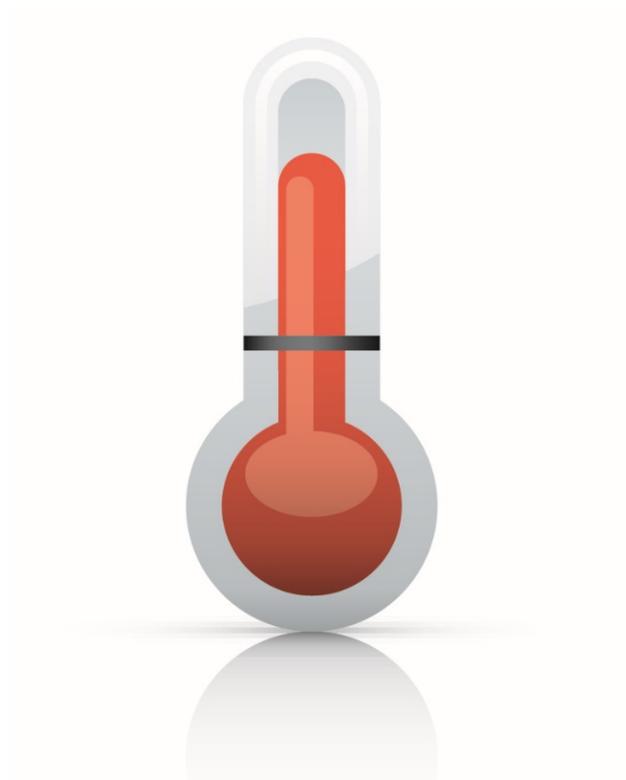
# Luz del sol a través del cristal de la ventana



# Luz del sol a través del vidrio del automóvil



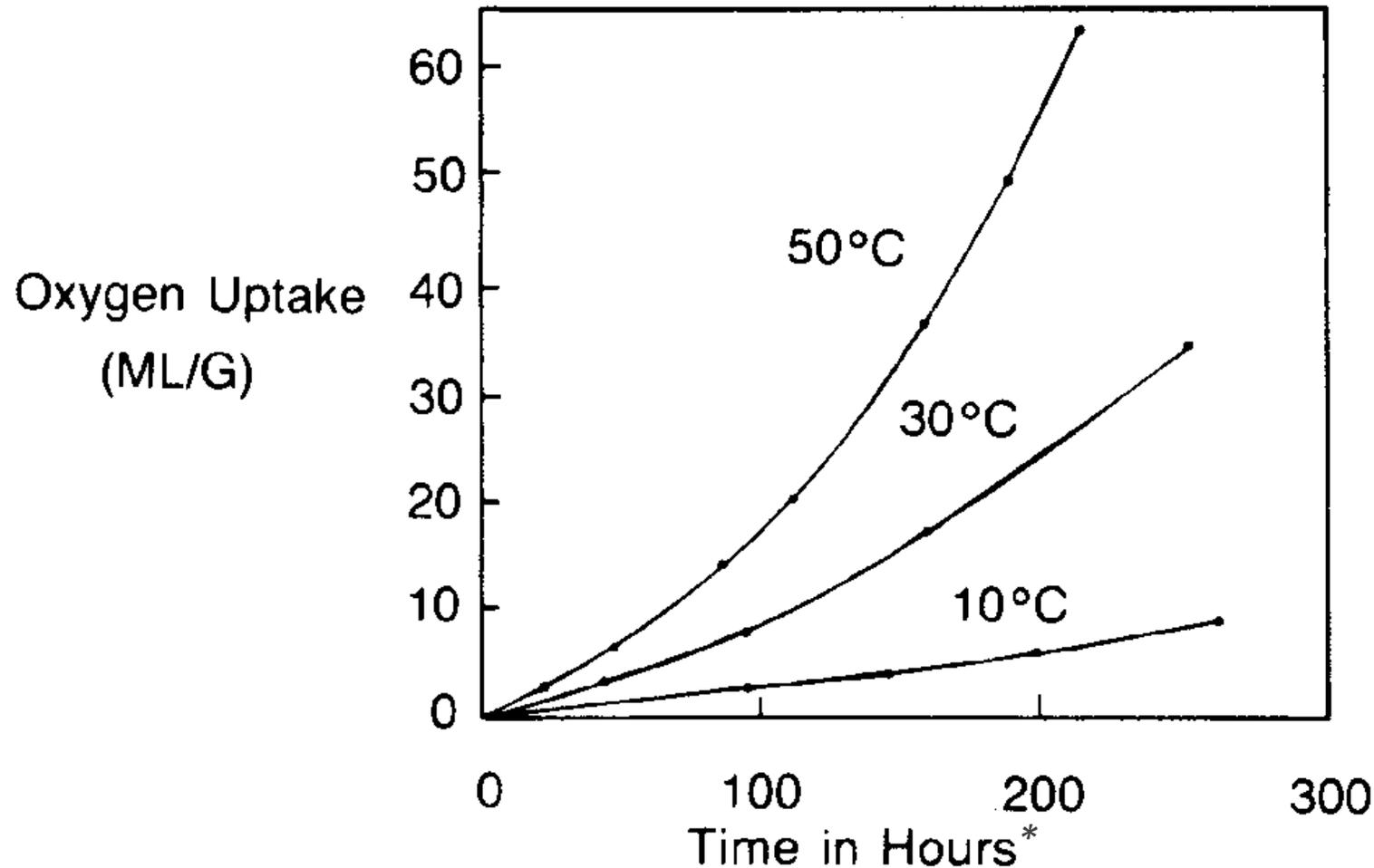
# Calor



# Efectos de calor

- Temperatura de muestra elevada
- Cambio dimensional
- Evaporación
- Envejecimiento térmico
- Ciclos térmicos

# Efecto de la temperatura: tasa de oxidación del polietileno



*\*Tiempo en horas expuesto a lámparas UV*

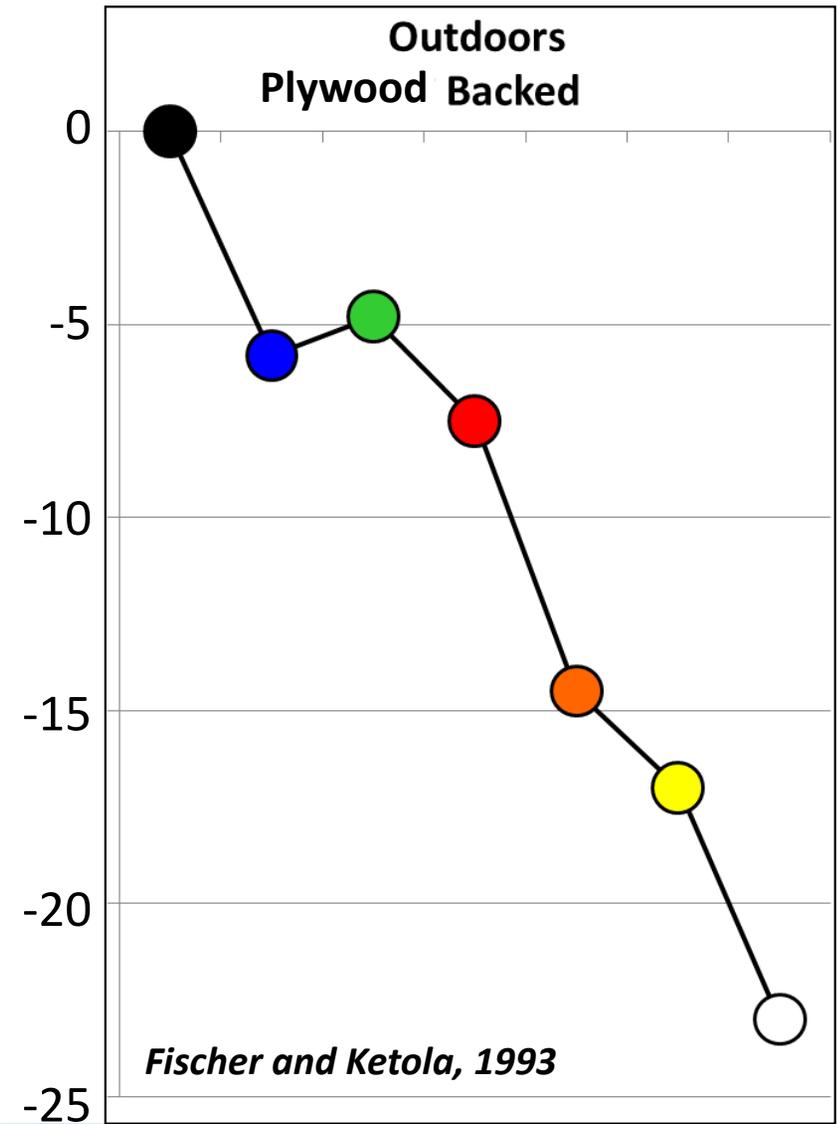
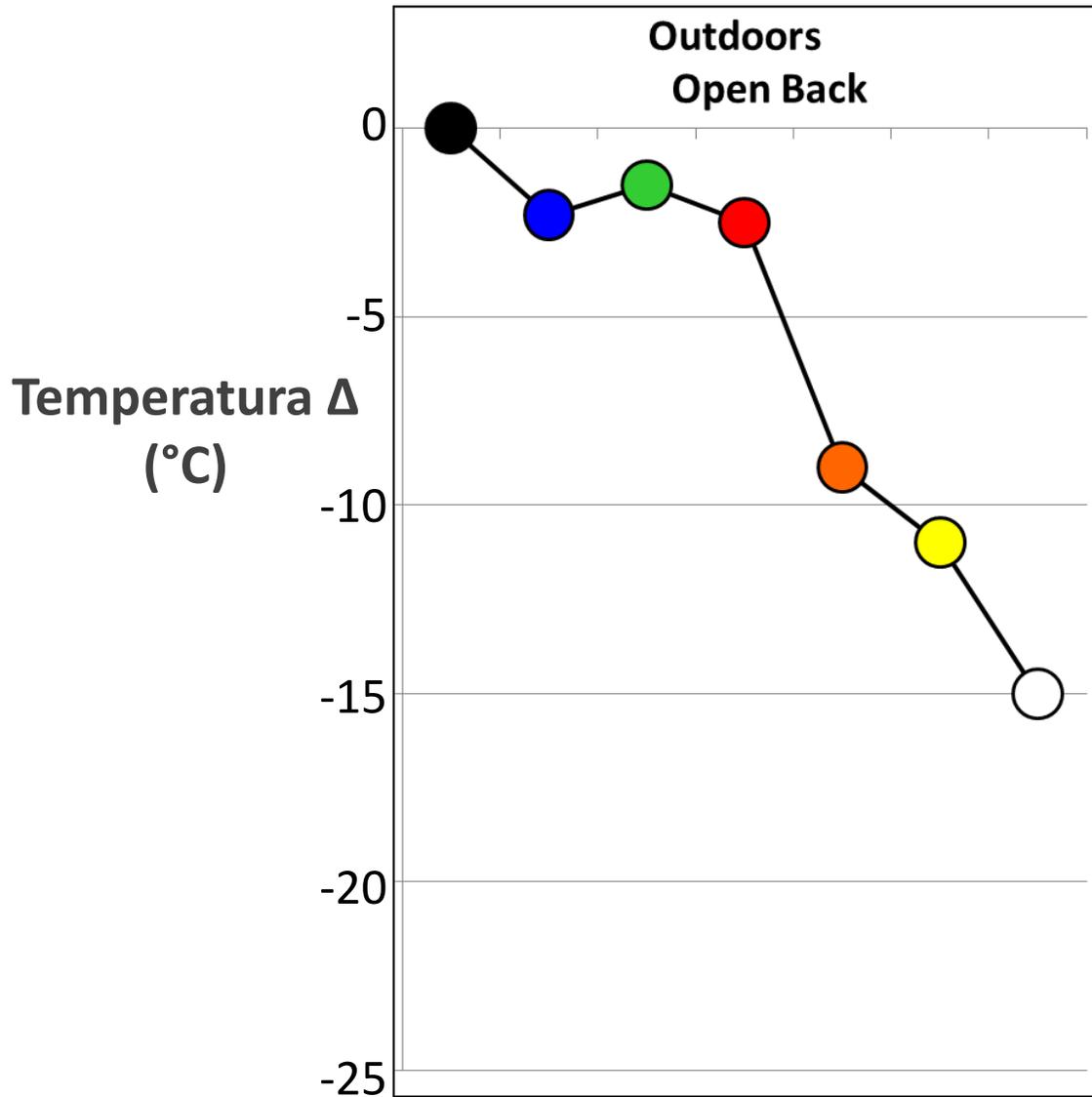
# Ciclos térmicos en Florida

- 75 °C a 25 °C en 2 minutos
- Causa estrés físico
- Afecta a los recubrimientos en plásticos y ensamblajes.



# Temperatura y color

¡Los colores más oscuros tienen temperaturas más altas!



# Calor detrás del cristal



**La temperatura de los componentes interiores en  
automóviles detrás del vidrio de la ventana  
puede superar los 100 ° C**

# Agua



# Principales efectos del agua

## Reacciones químicas

Reacciones en solución

Facilita la reacción a través del aumento en el transporte de oxígeno.

## Efectos físicos

Erosión

Absorción / congelación-descongelación

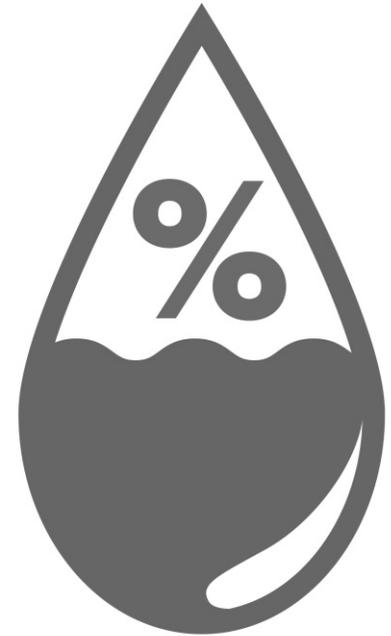
Choque térmico

Impacto (pérdida de material)



# Humedad relativa

- **Expresión porcentual de la cantidad de vapor de agua presente en el aire con respecto a la máxima posible para unas condiciones dadas de presión y temperatura.\***
- Favorece el estrés físico del material
- La humedad afecta tanto a productos de interior como de exterior
- A menudo se expresa como humedad relativa (HR), donde el 100% es la mayor cantidad de agua que puede contener el aire a una temperatura determinada



*\*Definición según la RAE*

# Lluvia

- Efectos de superficie
- Lavado de capas superficiales
- Tiza
- Eliminación de la suciedad
- Choque térmico



# Rocío

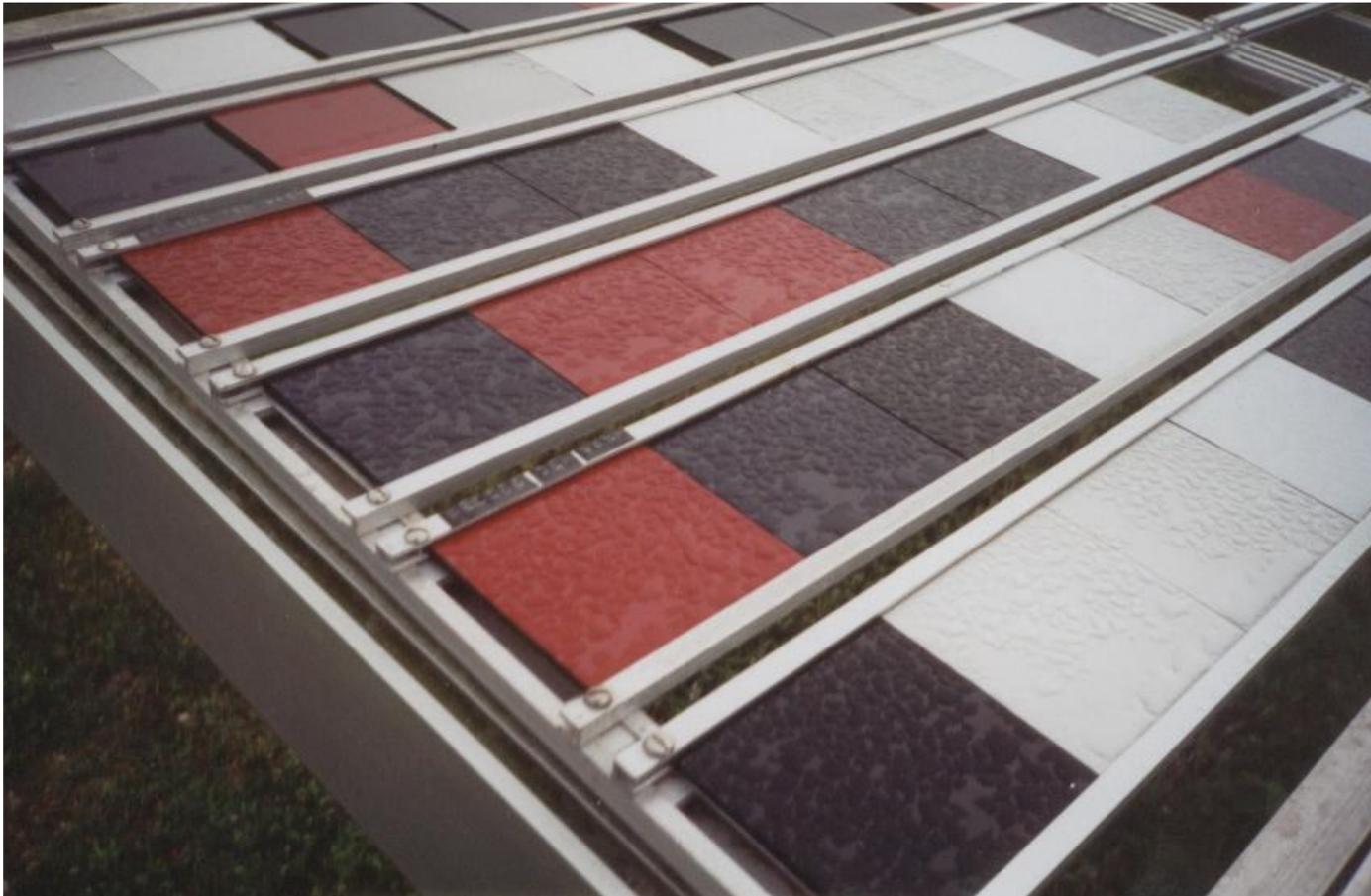


**Humedad de la atmósfera que se crea en forma de pequeñas gotas sobre cualquier superficie fría**

**Altas concentraciones de  $O_2$ .**

**Largo tiempo de permanencia**

*¡El rocío y no la lluvia, es la fuente de la mayor humedad exterior!*



¡El rocío no se simula en muchas pruebas aceleradas de intemperismo de laboratorio!



# ¡No subestimes el efecto de la humedad!

- Cambia la tasa de degradación
- Modifica el modo de degradación
- Difícil de acelerar
- ¡No subestimes el efecto de la humedad!

# Resumen: Fuerzas de intemperismo

## Luz del sol

- La luz UV causa prácticamente toda la degradación del polímero.
- Pequeños cambios en la formulación y / o espectro del material pueden tener grandes efectos en la degradación del material.

## Calor (temperatura)

- Luz solar + calor = mayor tasa de degradación
- El color de un material afecta sensiblemente su absorción de calor por irradiación

## Agua (humedad)

- Luz solar + calor + agua = intemperismo
- El rocío y no la lluvia, es la fuente de mayor humedad al exterior.
- Los productos al aire libre están mojados mucho más tiempo de lo que piensas

*!El intemperismo incluye efectos sinérgicos entre varios factores!*

# De que hablaremos

- Conceptos básicos de intemperismo
- **¿Por qué realizar intemperismo de laboratorio?**
- Prueba de intemperismo de laboratorio
  - Xenón
  - UV fluorescente
- Elementos de un programa de prueba efectivo

# ¿Por qué probar?

- Cumplir con las especificaciones
- Evitar catástrofes
- Mejora tu reputación
- Verificar reclamos de proveedores
- Mejora la durabilidad del producto
- Ahorre en costos de material
- Expandir líneas de productos existentes
- Ingrese a nuevos mercados
- Supera a la competencia
- Manténgase a la vanguardia de las regulaciones

# Las pruebas de laboratorio son una herramienta para la toma de decisiones direccionales

**Las pruebas aceleradas de laboratorio pueden ayudarlo**

- Tomar mejores decisiones y/o más rápidas.
- Reduce el riesgo de tomar malas decisiones
- Reduce el riesgo de tomar decisiones más lentas

# ¿Qué tipo de prueba debo ejecutar?

<b>Tipo de prueba acelerada</b>	<b>Resultado</b>	<b>Tiempo de prueba</b>	<b>Resultados comparados con</b>
Control de calidad	Pasa / No pasa	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definida</li><li>• Corto</li></ul>	Especificación de material

# ¿Qué tipo de prueba debo ejecutar?

Tipo de prueba acelerada	Resultado	Tiempo de prueba	Resultados comparados con
Control de calidad	Pasa / No pasa	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definida</li><li>• Corto</li></ul>	Especificación de material
Calificación / validación	Pasa / No pasa	<ul style="list-style-type: none"><li>• Definida</li><li>• Medio - Largo</li></ul>	Material de referencia o especificación

# ¿Qué tipo de prueba debo ejecutar?

Tipo de prueba acelerada	Resultado	Tiempo de prueba	Resultados comparados con
Control de calidad	Pasa / No pasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definido</li> <li>• Corto</li> </ul>	Especificación de material
Calificación / validación	Pasa / No pasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definido</li> <li>• Medio-Largo</li> </ul>	Material de referencia o especificación
Correlación	Datos ordenados por rango	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abierto</li> <li>• Medio</li> </ul>	Exposición natural (sitio de referencia)

# ¿Qué tipo de prueba debo ejecutar?

Tipo de prueba acelerada	Resultado	Tiempo de prueba	Resultados comparados con
Control de calidad	Pasa/ No pasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definido</li> <li>• Corto</li> </ul>	Especificación de material
Calificación / validación	Pasa/ No pasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definido</li> <li>• Medio-Largo</li> </ul>	Material de referencia o especificación
Correlación	Datos ordenados por rango	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abierto</li> <li>• Medio</li> </ul>	Exposición natural (sitio de referencia)
Predictivo	Vida de servicio Factor de aceleración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abierto</li> <li>• Largo</li> </ul>	Exposición natural (entorno de servicio)

# ¿Qué es intemperismo natural?

Exposición al aire libre de materiales a la luz solar, cuyo propósito es evaluar los efectos de los factores ambientales en diversos parámetros de interés ya sean funcionales o decorativos.

Sitios de intemperismo de referencia mundial:

- Sur de Florida (subtropical)
- Arizona (desierto seco)
- Medio Oeste (Industrial del norte)

# Importancia del intemperismo natural

- El intemperismo natural es más complejo que el intemperismo artificial (de laboratorio)
- Las pruebas de laboratorio aceleradas no siempre son realistas.
- La precisión de las pruebas de laboratorio siempre se deben verificar mediante pruebas al exterior
- Las pruebas de intemperismo en exteriores crean una biblioteca de datos muy valiosa, a bajo costo

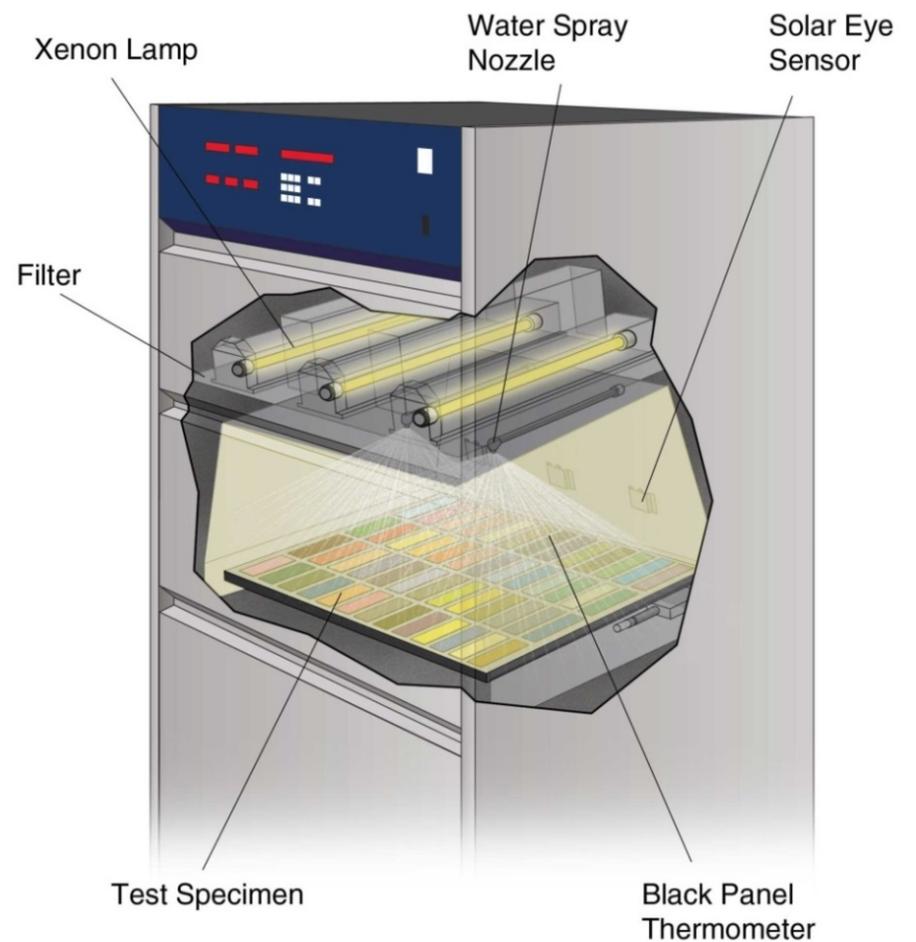
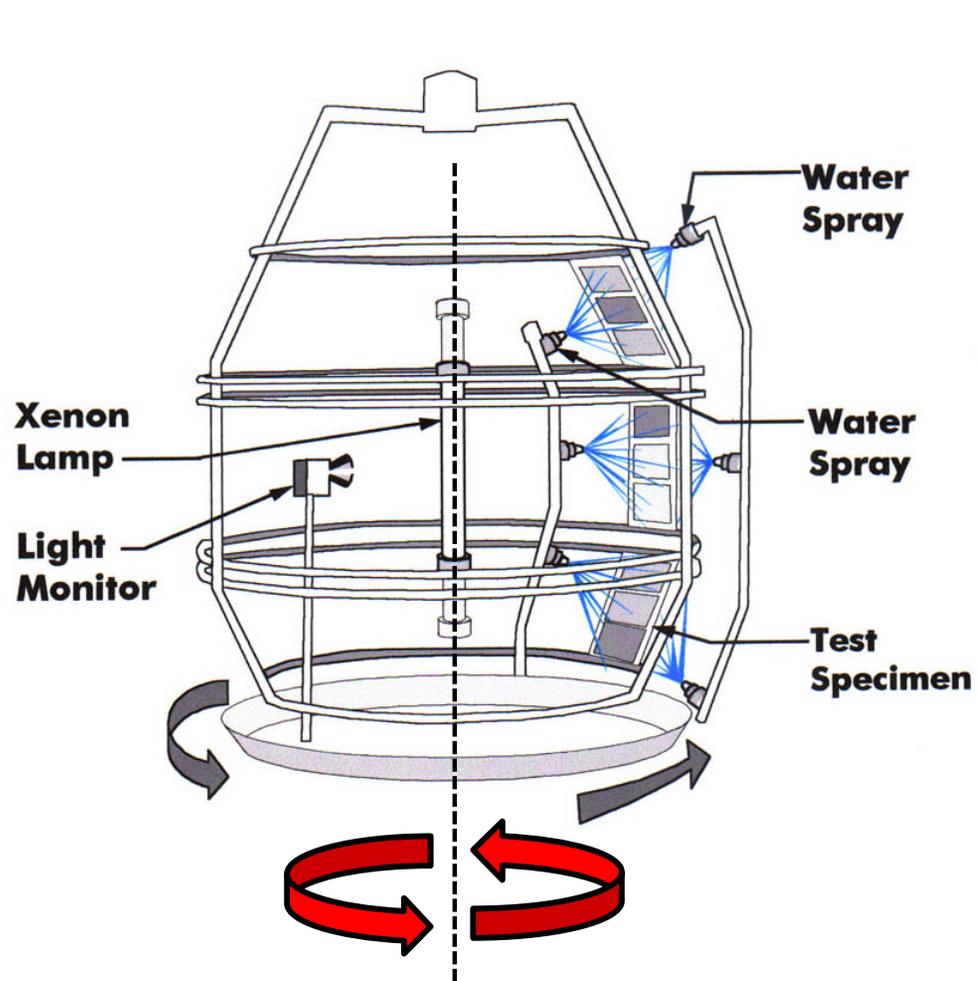
# De que hablaremos

- Conceptos básicos de intemperismo
- ¿Por qué realizar intemperismo de laboratorio?
- **Métodos de prueba de intemperie de laboratorio**
  - Xenón
  - UV Fluorescente
- Elementos de un programa de prueba efectivo



# Intemperismo de laboratorio arco de xenón

# Tipos de cámara de prueba de arco de xenón



# Lámparas de arco de xenón

Enfriada por  
aire



Enfriada por aire



Enfriada por  
agua



# Espectros de arco de xenón

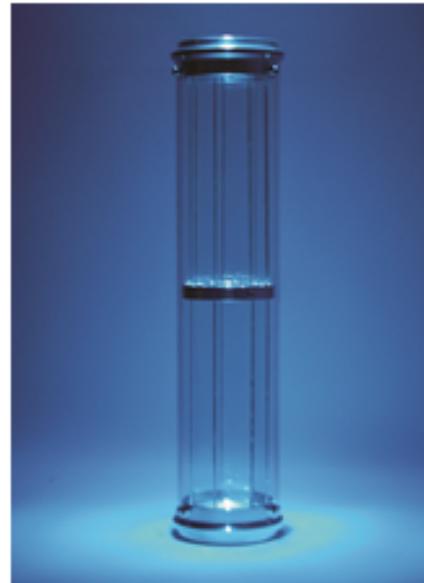
## factores influyentes principales

- Filtros ópticos
- Nivel de irradiancia (intensidad)
- Longitud de onda a la que se controla la irradiancia ("punto de control")
- Envejecimiento de la lámpara

# Descripción general de los filtros

- Luz de Día
- Ventana
- UV extendida

Tambor giratorio  
"linterna"

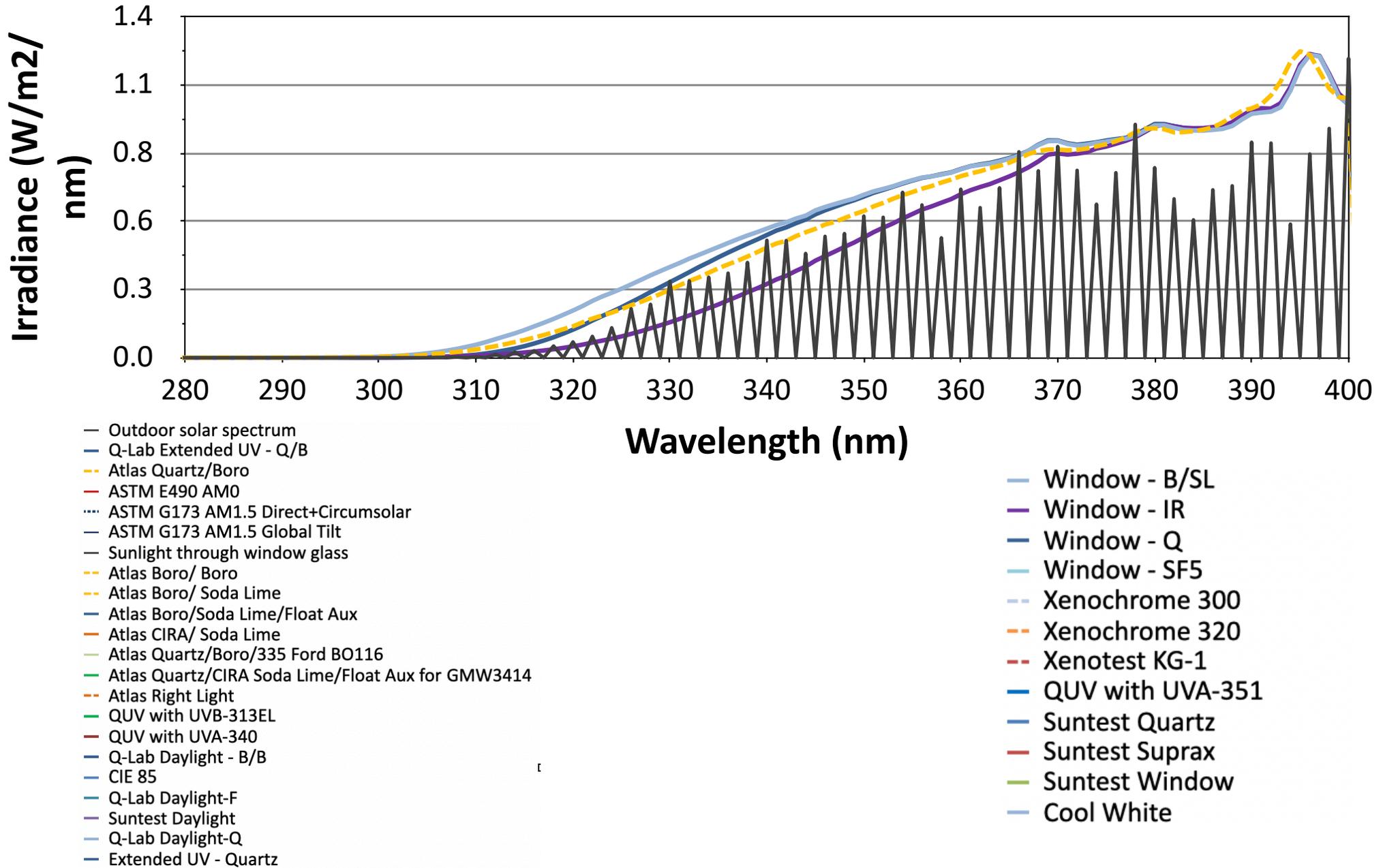


Filtro de  
matriz plana



*\* Otros filtros especializados son utilizados ocasionalmente.*

# Diferentes tipos de filtros



# Envejecimiento del filtro óptico enfriamiento por agua vs enfriamiento por aire

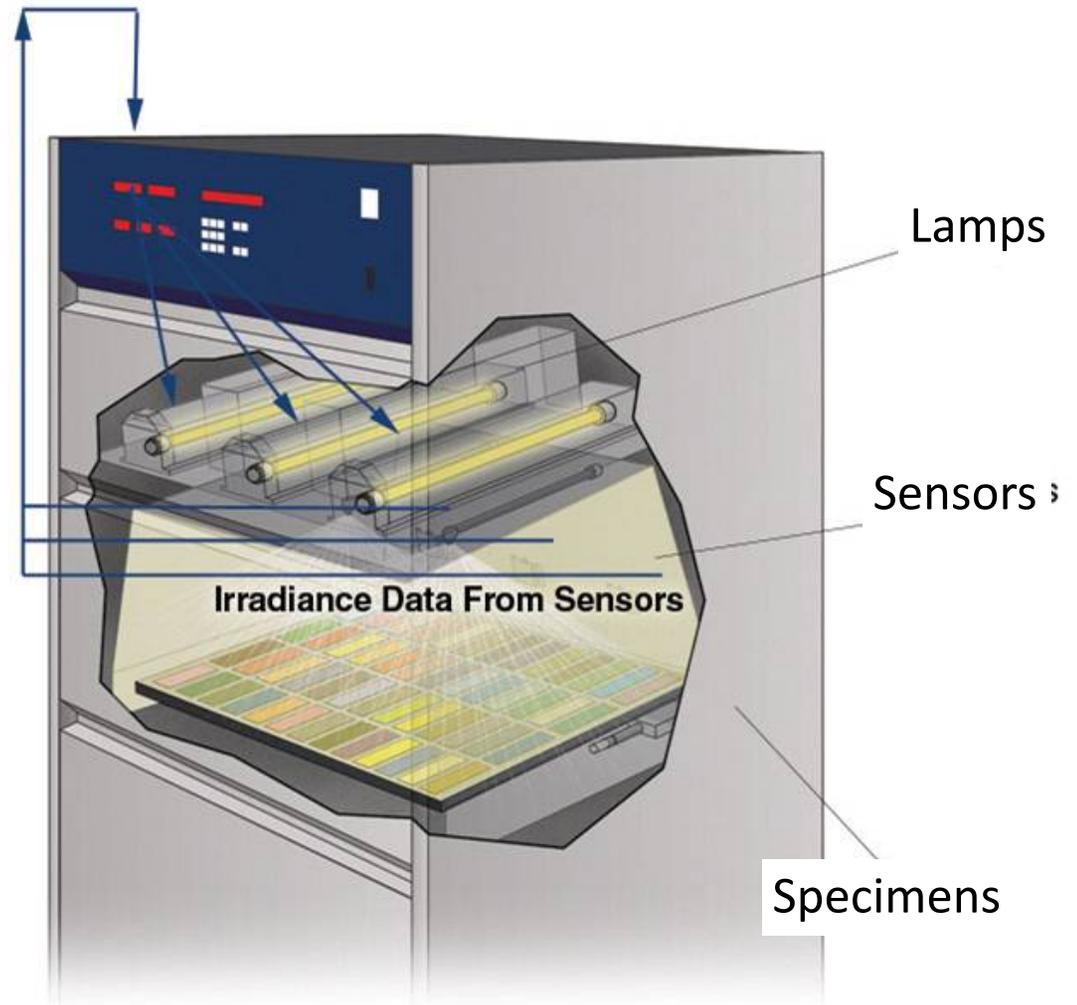
- Los filtros para sistemas de lámparas refrigeradas por agua deben reemplazarse cada 400-2000 horas.
  - Los contaminantes, incluso en agua des-ionizada , reducen la transmisión del filtro disminuyendo su vida útil.
- Casi todos los filtros para sistemas de lámparas enfriadas por aire no envejecen o no necesitan ser reemplazados

# Control de irradiación Q-SUN

Control de retroalimentación

- Lámpara de arco de xenón
- Sensor de luz
- Módulo de control

La longitud de onda a la que se controla la irradiación se denomina **Punto de control**



# Opciones de puntos de control de irradiancia

## Banda estrecha

- 340 nm
- 420 nm

## Banda ancha

### Total UV TUV (300-400 nm)

- Global (300-800 nm) – no recomendado
  - Longitudes de onda más cortas causan más fotodegradación
  - No tiene en cuenta el envejecimiento de la lámpara de xenón

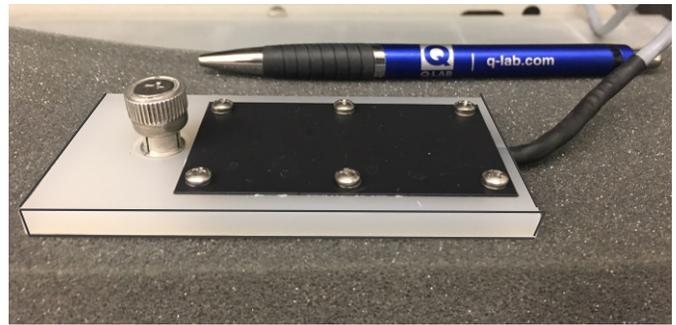
# ¿Por qué es importante la elección del punto de control?

- Las lámparas de arco de xenón envejecen con el uso
- El cambio espectral limita la vida útil de la lámpara
- El control de la irradiancia en la región de longitud de onda de interés maximiza la repetibilidad y la reproducibilidad

# Control de temperatura del panel negro

- Más común en estándares de prueba
- Temperatura máxima aproximada de la superficie de la muestra.
- Se puede usar en combinación con el sensor y control de temperatura del aire de la cámara

# Sensores de temperatura de panel negro

Panel	Construcción	ASTM Designación	ISO Designación
	Acero inoxidable pintado negro	Panel negro sin aislar	Panel negro
	Acero inoxidable pintado en negro montado en PVDF blanco de 0.6 cm	Panel negro aislado	Estándar negro

\* Las versiones de panel blanco de lo anterior están disponibles pero son mucho menos utilizadas

Para **maximizar** la aceleración, use la temperatura máxima de servicio

Para **minimizar** el error, **NO** exceda la temperatura máxima de servicio

# Control de temperatura del aire de la cámara

- Requerido por ciertos métodos de prueba
- Necesario para el control de la humedad relativa (HR)
- El sensor debe estar protegido de la luz.
- La temperatura BP siempre es más alta que la temperatura del aire de la cámara al absorber el calor radiante

# Control de humedad relativa

- Requerido por muchos métodos de prueba
- Textiles
- Automotriz (SAE)
- Muchos equipos de xenón pueden generar y controlar la humedad relativa
  - Sistema tipo caldera
  - Sistema nebulizador
  - Para materiales duraderos, HR hace muy poca diferencia en comparación con el “Spray” y la condensación.

# Arco de xenón

## Spray de Agua

### Spray frontal

- Método primario de suministro de agua.
- Técnica de calibración para spray frontal desarrollada recientemente (ASTM D7869)

### Spray trasero

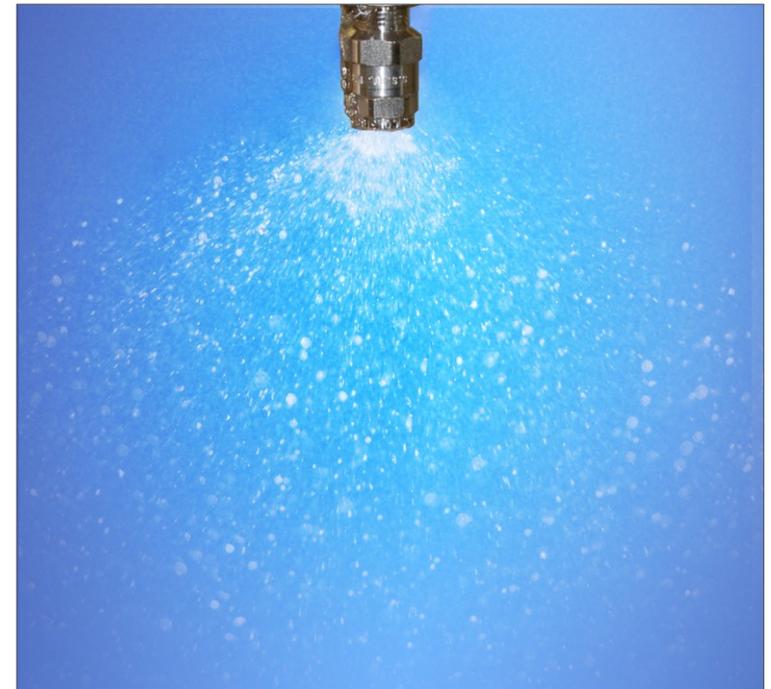
- Resultado de un experimento fallido destinado a generar condensación; persiste en algunos estándares

### Spray doble

- Para entregar una segunda solución, como lluvia ácida, jabón etc.

### Inmersion (Ponding)

- Alternativa al spray frontal solicitado en algunos estándares



# Resumen del arco de xenón

- La mejor simulación de luz solar de espectro completo
- Las lámparas experimentan envejecimiento (efecto fulcro)
- Efectos de temperatura
- Spray de agua y control de HR
- Costo adicional, mantenimiento y complejidad en comparación con los equipos luz UV fluorescentes

# Equipos de arco de xenón Q-SUN

Xe-1



Xe-2



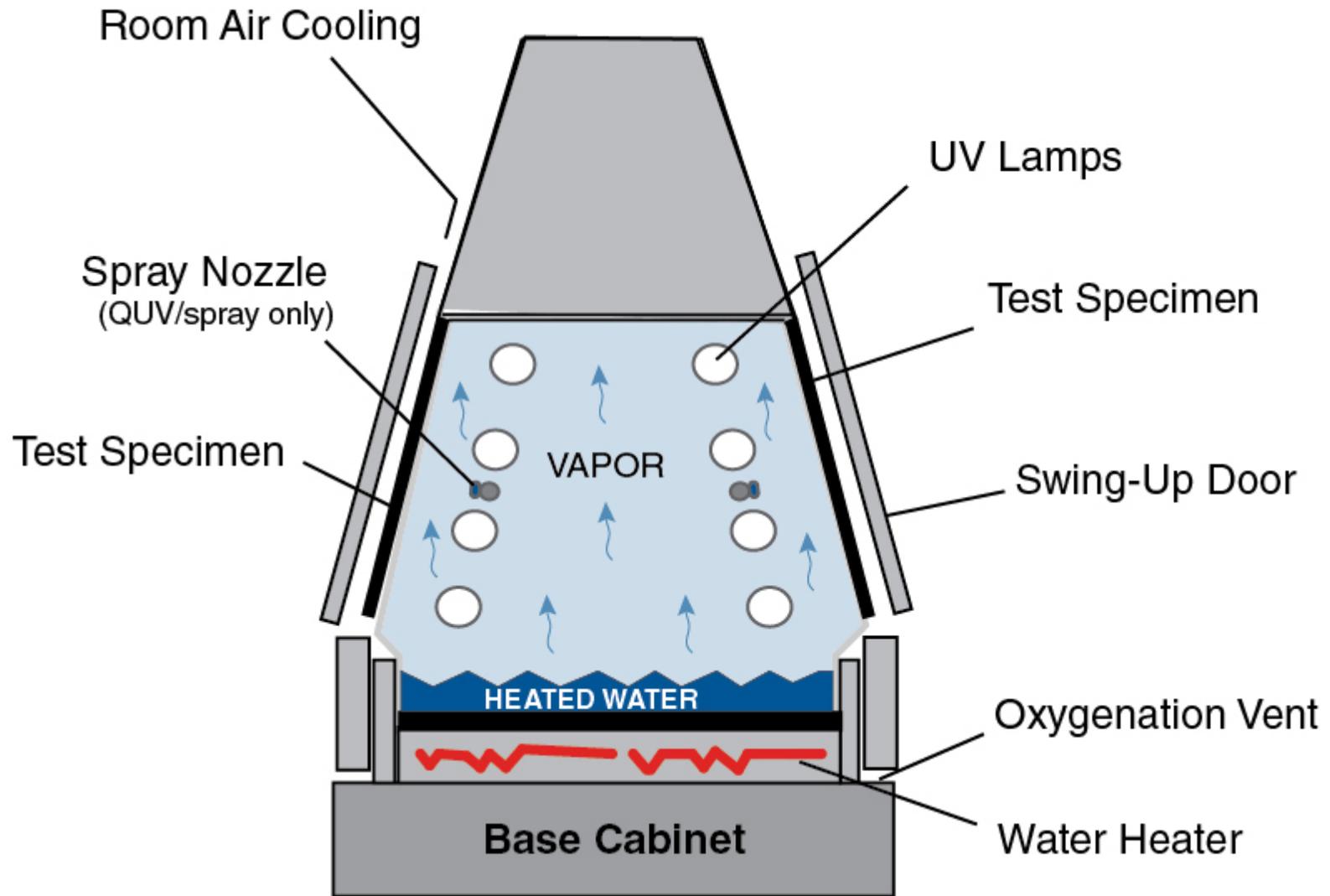
Xe-3





# Intemperismo de laboratorio UV fluorescente

# Esquema fluorescente UV



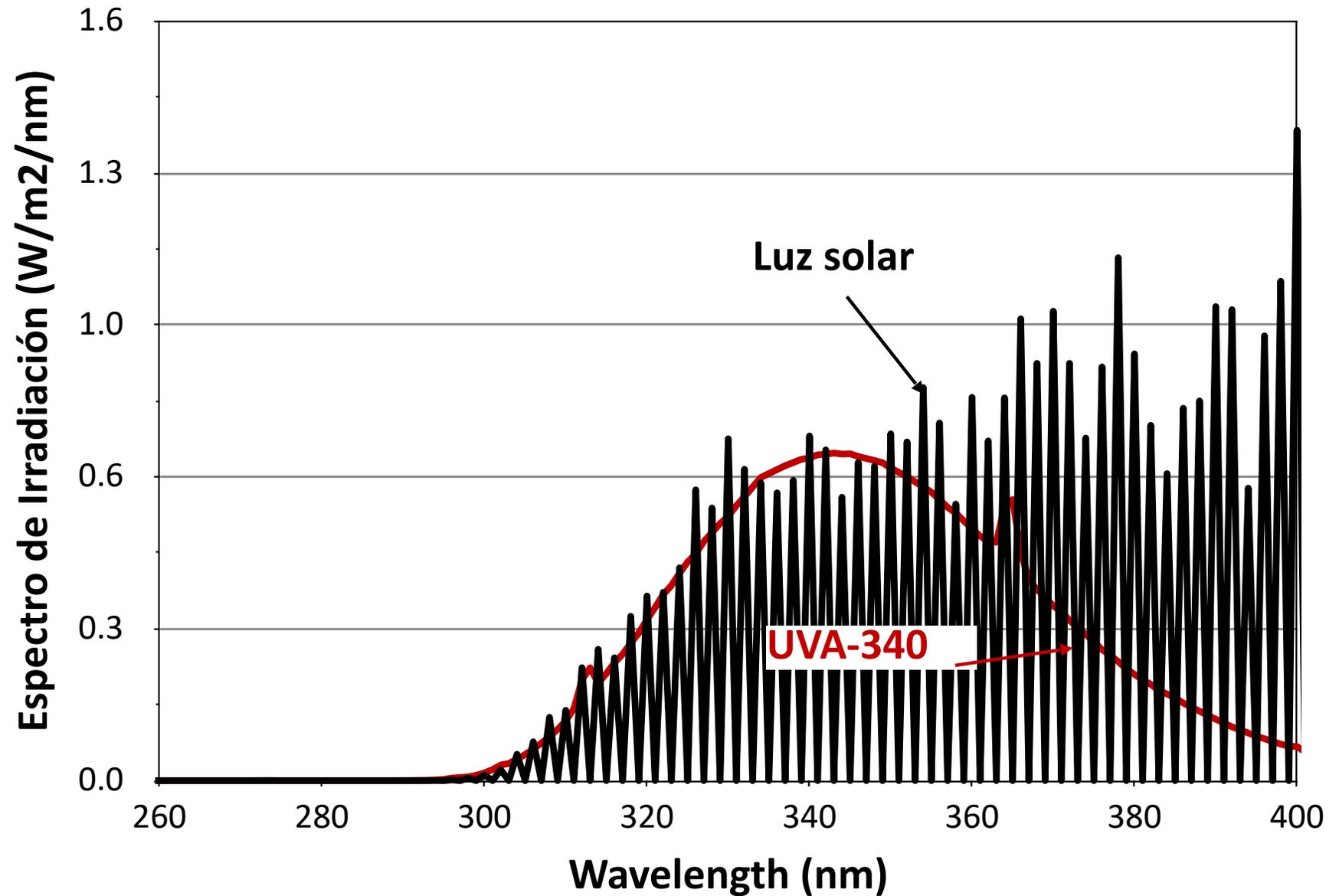
# Lámpara fluorescente UV



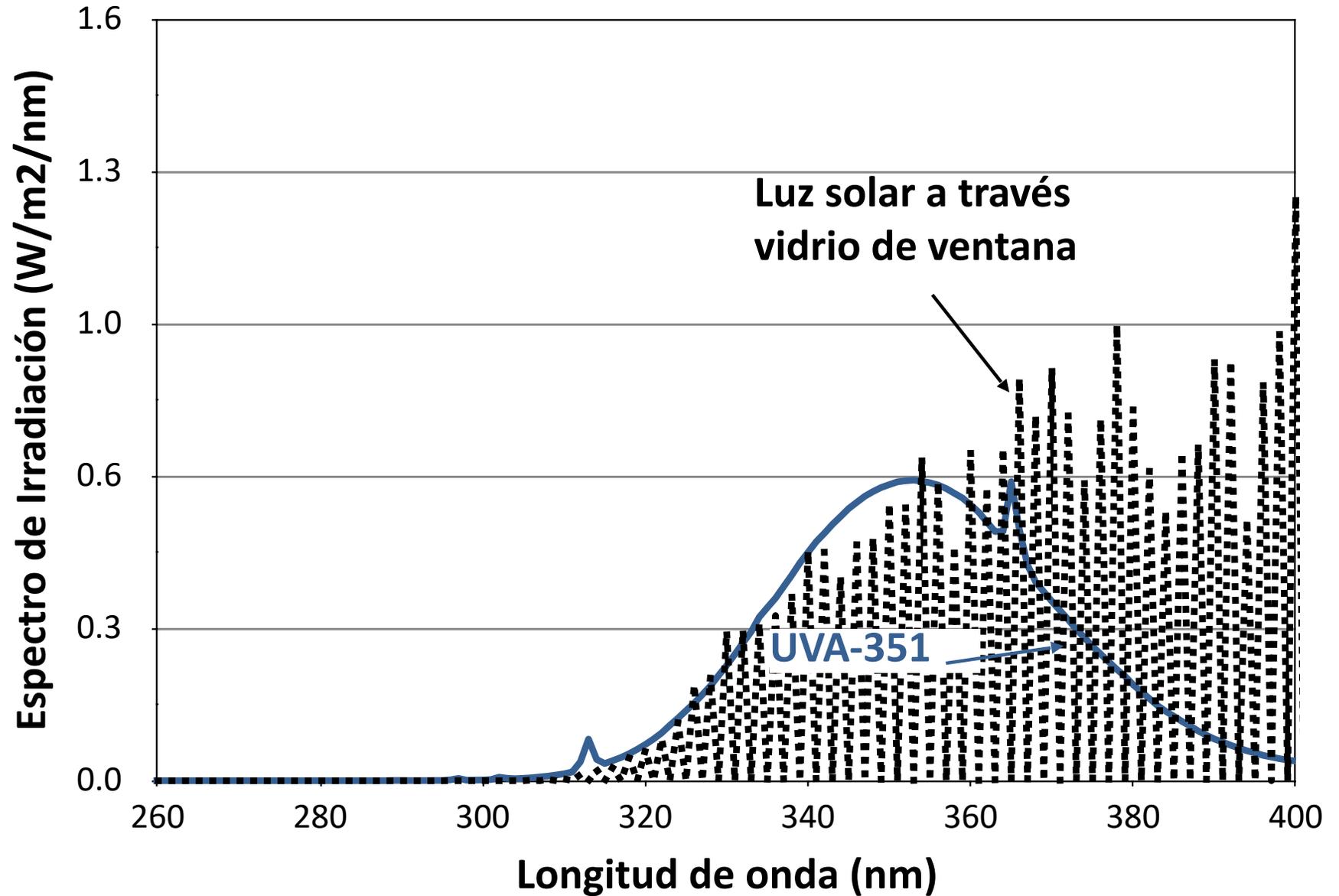
# Resumen de la lámpara QUV

- UVA-340 (luz diurna UV)
- UVA-351 (luz a través de ventana UV)
- UVB-313EL / FS-40 (UV extendida)
- CW Luz blanca fría (Interior)

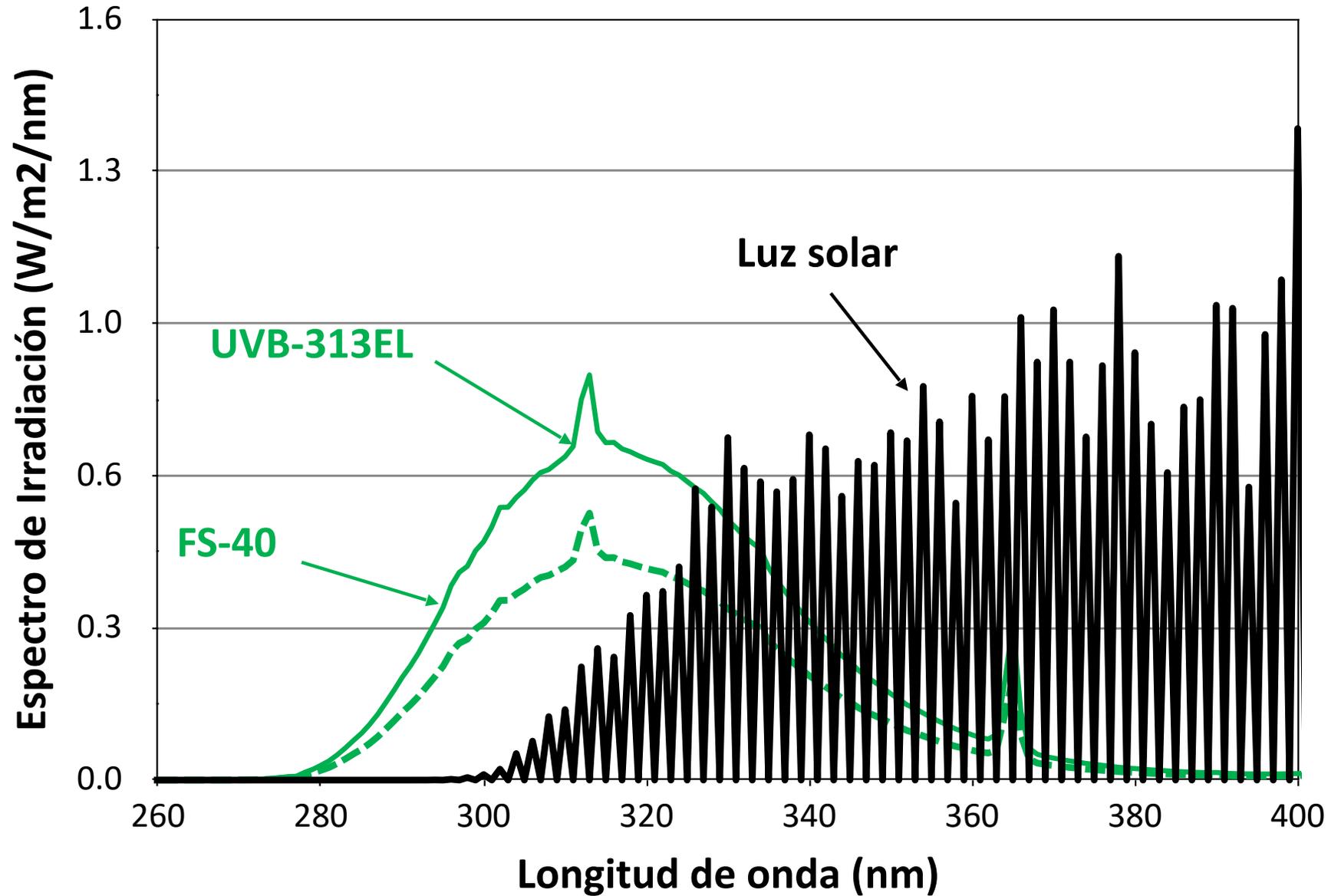
# Lámparas UVA-340



# Lámparas UVA-351

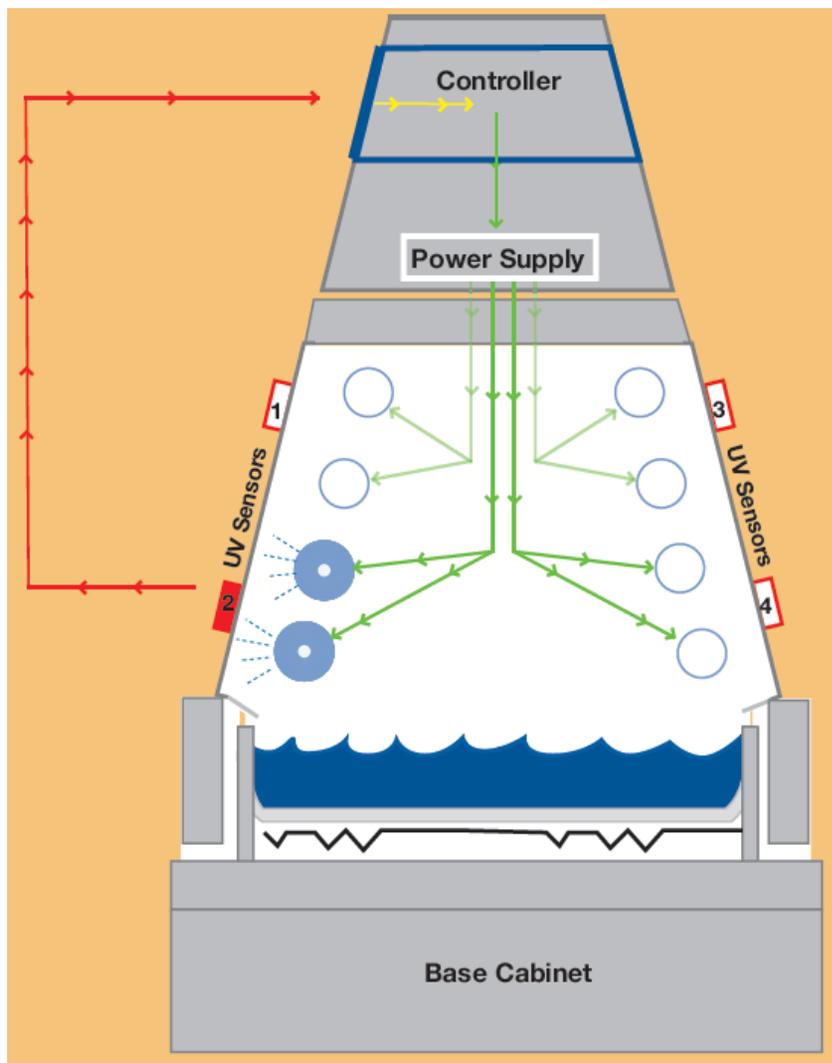


# Lámparas UVB



# QUV SOLAR EYE™

## Control de irradiación



### Control de retroalimentación

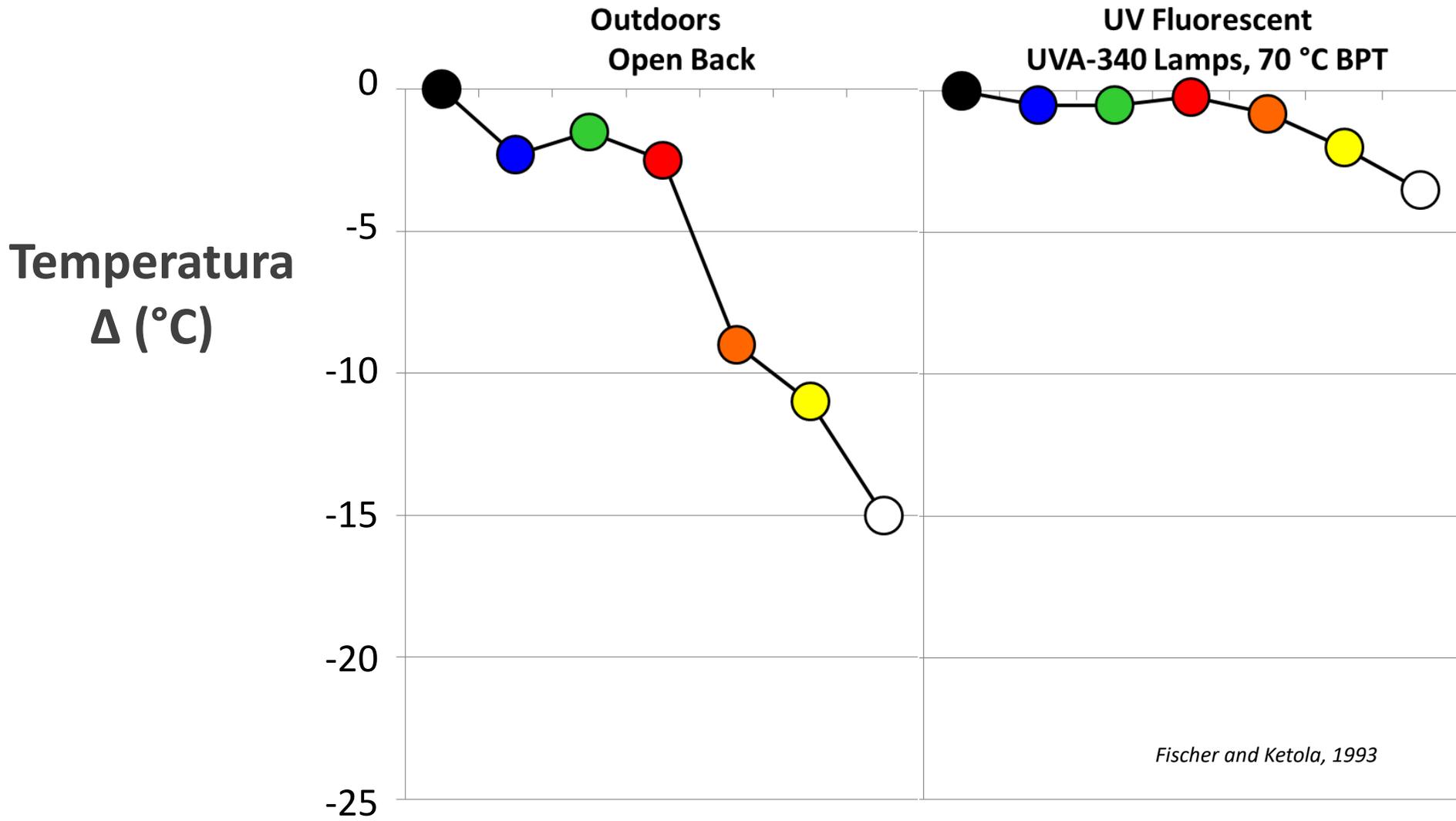
- Lámpara fluorescente UV
- Sensor de luz
- Módulo de control

# Ventajas de la lámpara fluorescente

- Resultados rápidos
- Control de irradiación simplificado.
- Espectro muy estable - sin envejecimiento
- Bajo mantenimiento
  - Calibración simple
- Bajo precio inicial y costo de operación
- Simple y fácil de mantener.

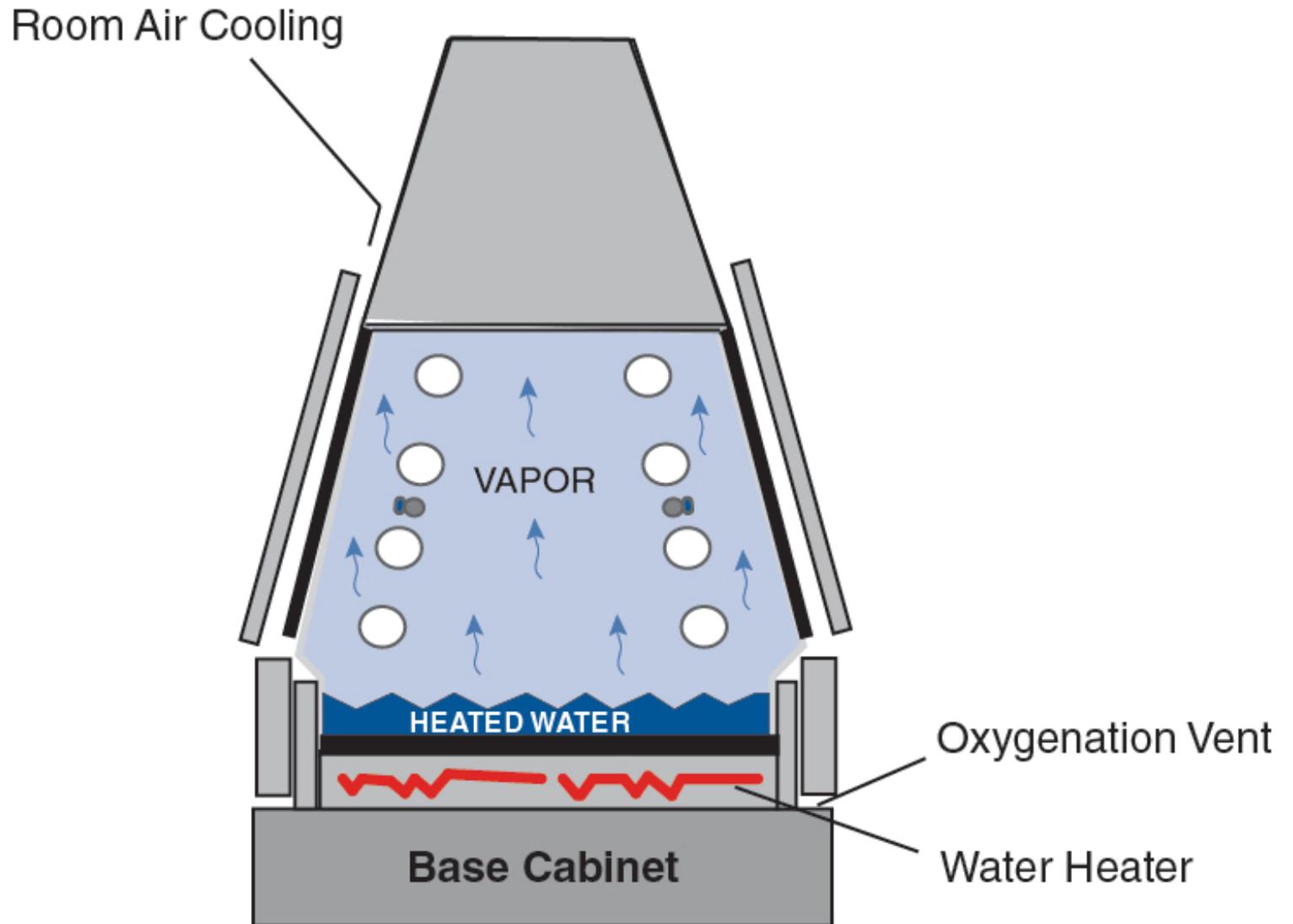
# Temperatura y color

Diferencias de temperatura entre paneles de colores y panel negro



*Fischer and Ketola, 1993*

# Condensación



# Ventajas de la condensación

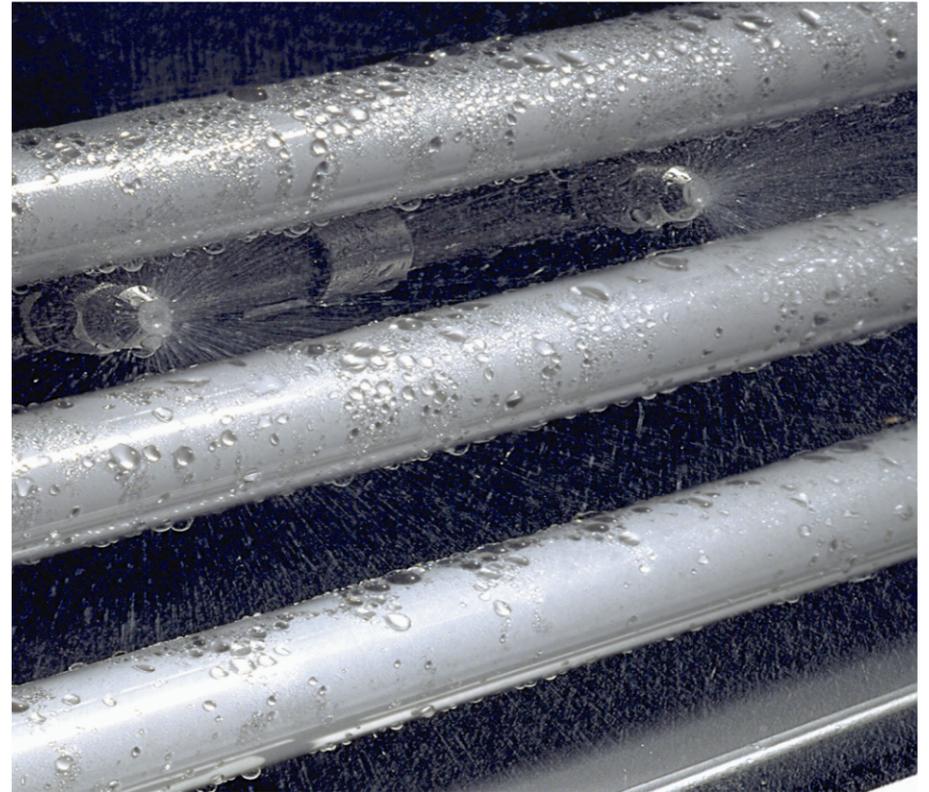
- Más cercano a la humedad natural
- La mejor manera de acelerar el efecto del agua en un equipo de laboratorio
- Temperatura elevada
- Alto contenido de O<sub>2</sub>
- El equipo realiza la condensación: ¡No hay depósitos de contaminantes en las muestras!
- El agua esta limpia ¡garantizado!



*Crear condensación en el QUV es fácil y no requiere agua DI*

# Spray de agua

- Asegura que las partes se saturen por completo
- Crea erosión y choque térmico.



Crear spray en el QUV es complejo y relativamente costoso

# Resumen UV fluorescente

- UVA-340 es la mejor simulación de UV de onda corta
- UVB-313 es más rápido y más severo
- Espectro estable: sin envejecimiento
- Sin luz visible
- Condensación realista y rigurosa
- “ Spray” con agua disponible pero no control de HR

# Intemperismo Acelerado QUV

## Model QUV/se



# Tecnologías complementarias de fluorescencia UV y arco de xenón

## UV Fluorescente

---

- UVA-340 mejor simulación de onda corta UV
  - UVB-313 podría ser demasiado severo
  - Sin luz visible
  - Espectro estable
  - Sin control de HR
  - Condensación o spray de agua.
  - Barato, simple de usar
- 

## Arco de Xenón

---

- Espectro completo (UV-Vis-IR)
  - La mejor simulación de onda larga UV y luz visible
  - Cambios del espectro
  - Control de humedad relativa
  - Spray de agua
  - Sistema más complejo
-

# De que hablaremos

¿Qué es el intemperismo?

¿Por qué realizar pruebas de intemperismo natural?

Pruebas de intemperie en laboratorio

- Xenon
- UV Fluorescente

- **Elementos de un programa efectivo de pruebas**

# ¿Qué tipo de prueba debo ejecutar?

Tipo de prueba acelerada	Resultado	Tiempo de Prueba	Resultado comparado con
Control de Calidad	Pasa / No pasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definido</li> <li>• Corto</li> </ul>	Especificación material
Calificación / validación	Pasa / No pasa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definido</li> <li>• Medio-Largo</li> </ul>	Material de referencia o especificación
Correlación	Datos ordenados por rango	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abierto</li> <li>• Medio</li> </ul>	Exposición natural (sitio de referencia)
Predictivo	Vida de servicio Factor de aceleración	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abierto</li> <li>• Largo</li> </ul>	Exposición natural (entorno de servicio)

# Resumen

- Identificar el tipo de prueba acelerada.
  - Los datos externos son imprescindibles para las pruebas de correlación y predicción.
- Identificar el entorno de servicio.
  - Interior o exterior
  - Húmedo o seco
  - Caliente o fresco

# Resumen

- Haciendo uso de las mejores prácticas
  - Ejecutar hasta un modo de falla definido
  - Usa múltiples muestras (mínimo 3)
  - Realizar evaluaciones y reposicionar frecuentemente
- Elija un diseño de prueba adecuada
  - ¿Qué dice la norma?
  - ¿Es importante el espectro de luz completo?
  - ¿Qué tan importante es la absorción de agua?

# ¿Preguntas?



# ¡Gracias!

Recibirá un correo electrónico de seguimiento de [info@email.q-lab.com](mailto:info@email.q-lab.com) con enlaces a una encuesta, registro para futuros seminarios web y para descargar las diapositivas.

- Nuestra serie de seminarios web en curso se puede encontrar en [q-lab.com/webinarseries](http://q-lab.com/webinarseries)

- Mayel Cantú  
[mcantu@xperto.com.mx](mailto:mcantu@xperto.com.mx)



We make testing simple.



- También puede descargar el video del seminario y su presentación en:  
[www.xperto.com.mx/aula-virtual/](http://www.xperto.com.mx/aula-virtual/)
- Utilice la función de preguntas y respuestas en Zoom para hacernos preguntas hoy!