

# Análisis y extracción de características de enfermedades de la piel: su aplicación en la detección de varicela

Virginia Arroyo y Julián Oyola

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

11 de abril de 2014

# Contenido

## 1 Motivación

# Contenido

1 Motivación

2 Las imágenes de piel y sus características

# Contenido

- 1 Motivación
- 2 Las imágenes de piel y sus características
- 3 Detección de vesículas
  - Espacio de color
  - Detección de bordes
  - Detección de círculos
  - Ecualización del histograma

# Contenido

- 1 Motivación
- 2 Las imágenes de piel y sus características
- 3 Detección de vesículas
  - Espacio de color
  - Detección de bordes
  - Detección de círculos
  - Ecualización del histograma
- 4 Discriminación entre varicela y otras enfermedades
  - Construcción de un histograma de referencia
  - Comparación entre una vesícula y la piel normal
  - Comparación entre vesículas de varicela y herpes zóster
  - Técnicas basadas en la comparación de media poblacional

# Contenido

- 1 Motivación
- 2 Las imágenes de piel y sus características
- 3 Detección de vesículas
  - Espacio de color
  - Detección de bordes
  - Detección de círculos
  - Ecualización del histograma
- 4 Discriminación entre varicela y otras enfermedades
  - Construcción de un histograma de referencia
  - Comparación entre una vesícula y la piel normal
  - Comparación entre vesículas de varicela y herpes zóster
  - Técnicas basadas en la comparación de media poblacional
- 5 Conclusiones

# ¿Cómo detectar patrones de enfermedades de la piel?

- ¿Cómo detectar patrones de enfermedades de la piel?
- Resultan naturales y poco complejos para un ser humano
- ¿Y para un ordenador?

# ¿Cómo detectar patrones de enfermedades de la piel?

- ¿Cómo detectar patrones de enfermedades de la piel?
- Resultan naturales y poco complejos para un ser humano
- ¿Y para un ordenador?
- **Procesamiento digital de imágenes**

## Ejemplo: Dos enfermedades



Varicela



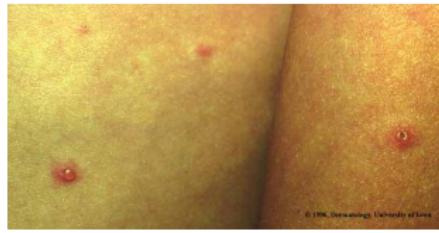
Herpes

# Características de las imágenes utilizadas

## Características de las imágenes utilizadas

- Heterogeneidad
- Escala
- Ruido
- Luminosidad
- Imperfecciones de la piel
- Elementos ajenos
- Distintas etapas de la enfermedad

# Ejemplo: Variabilidad de imágenes para una misma enfermedad



# Escala



© 1996, Dermatology, University of Iowa

# Técnicas utilizadas y medidas adoptadas

## Técnicas y medidas adoptadas

- Elección de un subconjunto de las imágenes

# Técnicas utilizadas y medidas adoptadas

## Técnicas y medidas adoptadas

- Elección de un subconjunto de las imágenes
- Ecualización del histograma (Contrast-limited adaptive histogram equalization)

# Técnicas utilizadas y medidas adoptadas

## Técnicas y medidas adoptadas

- Elección de un subconjunto de las imágenes
- Ecualización del histograma (Contrast-limited adaptive histogram equalization)
- Reducción del ruido o suavización utilizando un filtro gaussiano

# Técnicas utilizadas y medidas adoptadas

## Técnicas y medidas adoptadas

- Elección de un subconjunto de las imágenes
- Ecualización del histograma (Contrast-limited adaptive histogram equalization)
- Reducción del ruido o suavización utilizando un filtro gaussiano
- Elección del espacio de color

# Algunas imágenes seleccionadas



© 1996, Dermatology, University of Iowa



© 1996, Dermatology, University of Iowa



© 1996, Dermatology, University of Iowa



© 1996, Dermatology, University of Iowa

# Algunas imágenes seleccionadas

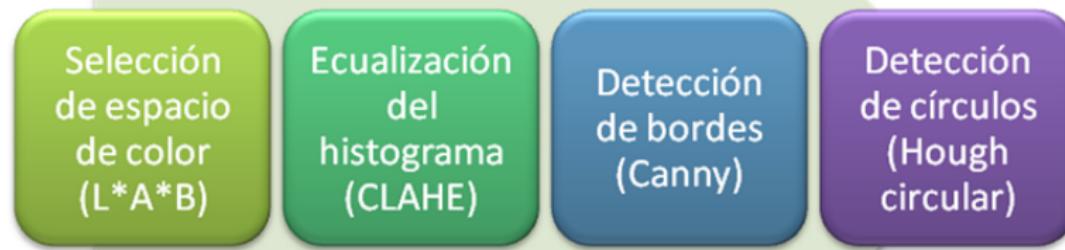


# Metodología propuesta

## Técnicas de procesamiento digital de imágenes

- Selección de espacio de color
- Detección de bordes
- Detección de círculos
- Ecualización del histograma

# Esquema del proceso realizado



# Espacio de color

¿Cómo representamos los colores y la luz en el ordenador?

- Espacios de color posibles
- Luminancia vs Crominancia
- YUV vs  $L^*a^*b$

Luminancia: detección de bordes

Crominancia: detección de piel y falsos positivos

# Luminancia vs Crominancia



© 1996, Dermatology, University of Iowa

Luminancia - componente L

# Luminancia vs Crominancia



Crominancia - componente a

# Luminancia vs Crominancia



Crominancia - componente b

# Detección de bordes

- Resulta sencillo para el ser humano
- Borde: frontera entre el objeto y el fondo
- Existen varios métodos (Canny, Roberts, Sobel o Prewitt)
- Objetivos de un detector de borde:
  - Baja tasa de error
  - Buena localización del borde
- Método Canny:
  - Robusto contra el ruido
  - Gran adaptabilidad

# Método de Canny

Criterios:

- Detectar los bordes sin eliminar ninguno y sin detectar bordes falsos
- Minimizar la diferencia entre la localización real del borde y la que detecta el algoritmo
- Evitar la detección de bordes duplicados

# Método de Canny

## Etapas del método:

- Suavizado de la imagen: Filtro gaussiano
- Obtención del gradiente: Filtro pasa altos en dirección vertical y horizontal
- Supresión de puntos que no son máximos locales:  
Adelgazamiento del ancho de los bordes hasta lograr bordes de un píxel de ancho
- Umbral con histéresis: Función de histéresis basada en dos umbrales; con este proceso se trata de reducir la posibilidad de aparición de contornos falsos

# Operaciones morfológicas

- Herramientas muy utilizadas en el procesamiento de imágenes
- Simplificar los datos de una imagen
- Preservar las características esenciales
- Eliminar aspectos irrelevantes
- Operaciones con la que probamos: open, close, clean, bridge

# Ejemplo: Bordes detectados en algunas imágenes



© 1996, Dermatology, University of Iowa



© 1996, Dermatology, University of Iowa

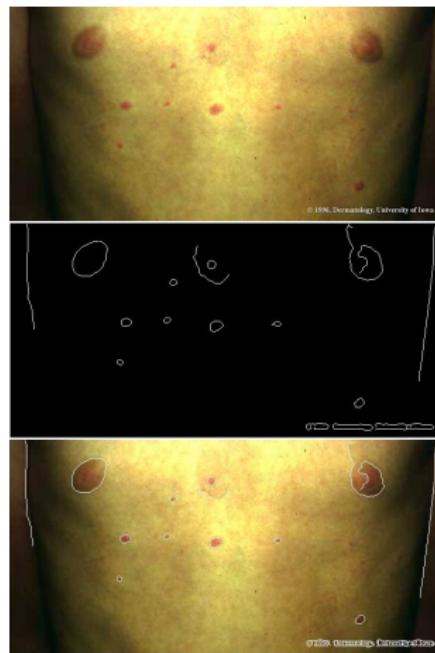


© 1996, Dermatology, University of Iowa



© 1996, Dermatology, University of Iowa

# Ejemplo: Bordes detectados en algunas imágenes



# Detección de círculos

- ¿Cómo determinar que estamos en presencia de un círculo?
- Transformada de Hough
  - Espacio de Hough
  - Arreglo de acumulación
- Definiciones de la transformada
  - Función de Parámetros de la Transformada
  - Transformada Directa de Hough
  - Transformada Inversa de Hough

# Ejemplo: Arreglo de acumulación

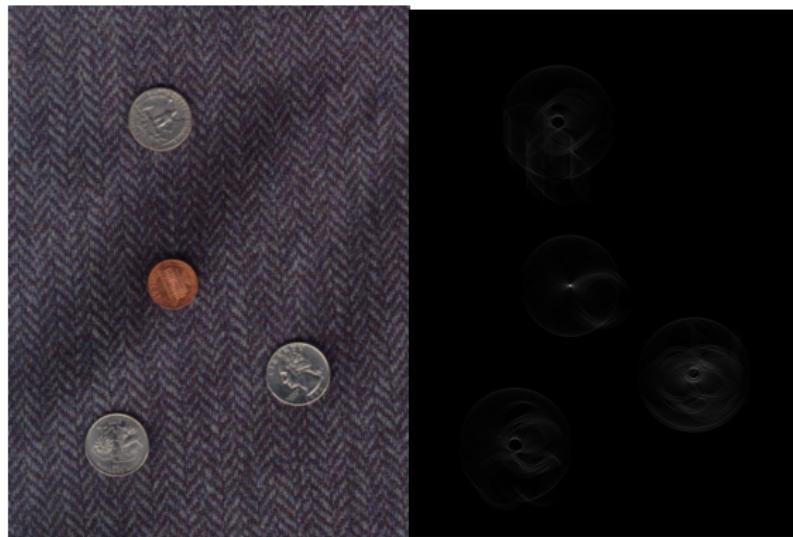


Figura: **Izquierda:** Fotografía original de las monedas. **Derecha:** Arreglo acumulador de votos.

## Ejemplo: Arreglo de acumulación



**Figura:** **Izquierda:** Fotografía original de varicela. **Derecha:** Arreglo acumulador con votos sumados.

# Ejemplo: Imagen con bordes detectados



© 1996, Dermatology, University of Iowa

# Ejemplo: Imagen con el círculo detectado



© 1996, Dermatology, University of Iowa

# Transformada Circular de Hough

Procedimiento realizado:

- Se aplica CHT: Circular Hough Transform. Ecuación  
$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2$$
- Selección de candidatos: Ponderación con respecto al máximo y Umbralización
- Radios utilizados
- Eliminación de detecciones duplicadas

# Radios Utilizados



**Figura:** Detección de vesículas con diferentes radios. **Izq:** Bordes detectados. **Centro:** Detección de vesículas con radio  $\text{radio} = 40$ . **Der:** Detección de vesículas con radio  $\text{radio} = 43$ .

# Eliminación de detecciones duplicadas



**Figura:** Detección de vesículas con diferentes radios. **Izquierda:** radio = 23. **Derecha:** radio = 24.

# Ecualización del histograma

¿Qué se desea obtener?

- Incrementar el contraste
- Mejorar la detección

CLAHE: Ecualización adaptativa limitando el contraste

# Ejemplos de aplicación de ecualización

Sin aplicar ecualización



**Figura: Detección de vesículas** Izq: Bordes detectados. Der: Círculos detectados.

# Ejemplos de aplicación de ecualización

## Aplicando ecualización



**Figura: Detección de vesículas** Izq: Bordes detectados. Der: Círculos detectados.

# Ejemplos de aplicación de ecualización

Sin aplicar ecualización



**Figura: Detección de vesículas Izq: Bordes detectados. Der: Círculos detectados.**

# Ejemplos de aplicación de ecualización

## Aplicando ecualización



**Figura: Detección de vesículas** Izq: Bordes detectados. Der: Círculos detectados.

# Discriminación

¿Existen diferencias entre la piel sana y las vesículas?

¿Se puede detectar un falso positivo?

¿Existen diferencias entre las vesículas de la varicela y las de otra enfermedad?

¿Se pueden desarrollar técnicas de detección y discriminación automáticas?

- Análisis comparativo entre la varicela y la piel sana
- Análisis comparativo entre la varicela y otra enfermedad

# Técnicas utilizadas

- Técnicas basadas en el histograma de color
  - Construcción de un histograma de referencia
  - Análisis de casos muestra: comparaciones entre el histograma de cada vesícula y
    - el histograma promedio de varicela
    - el histograma promedio de herpes zóster
- Técnicas basadas en la comparación de media poblacional
  - Comparación por distancia de Mahalanobis
  - Test de distribución Hotelling T-Cuadrada
  - Test de ANOVA

# Histogramas sobre espacios de color

Análisis del histograma de las distintas componentes de color

- De forma individual
- Histograma bivariado de a pares de componentes

¿Qué espacio de color utilizar?

- L\*a\*b: Dos componentes de crominancia
- RGB: Información sobre el corrimiento al rojo de las vesículas en relación a la piel normal

# Histogramas sobre espacios de color

Análisis del histograma de las distintas componentes de color

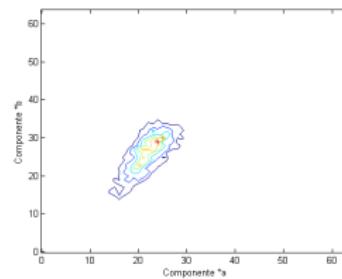
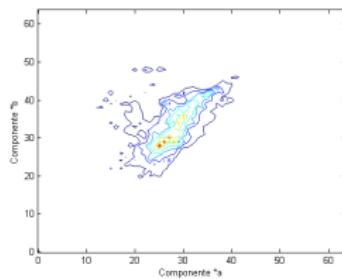
- De forma individual
- Histograma bivariado de a pares de componentes

¿Qué espacio de color utilizar?

- L\*a\*b: Dos componentes de crominancia
- RGB: Información sobre el corrimiento al rojo de las vesículas en relación a la piel normal

**Histogramas de referencia: Valores extraídos de un conjunto de vesículas conocidas, contra los cuales comparar las nuevas vesículas**

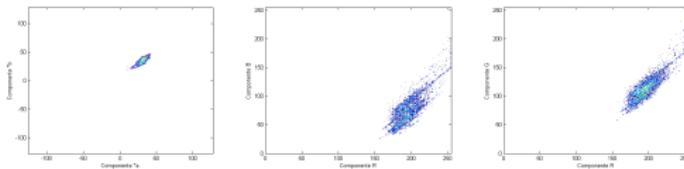
# Histogramas



**Figura:** Histogramas bivariados promedio de varicela y herpes zóster, sobre las variables de crominancia  $*a$  y  $*b$ . **Izq:** Varicela. **Der:** Herpes zóster.

# Histogramas

- Leve corrimiento hacia el rojo del histograma de varicela
- Dispersión de valores mayor en el histograma del espacio RGB
- Mayor concentración de valores para el espacio de color L\*a\*b



**Figura:** Histogramas bivariados promedio de la imagen izquierda de la figura, **Arriba izq:** , Variables de crominancia \*a y \*b. **Arriba der:** Variables de crominancia R y B. **Abajo:** Variables de crominancia R y B.

# Divergencia entre histogramas

Mediciones de distancia (o divergencia) entre histogramas.

**Indicador buscado:** Si la distancia del histograma de la vesícula candidata al promedio está por debajo o por encima de cierto umbral.

Evaluación sobre:

- Norma 1
- Norma 2
- Divergencia de Kullback-Leibler (KLD)

# Divergencia de Kullback-Leibler

Mide la diferencia entre dos distribuciones P y Q.

- P representa la distribución real de datos u observaciones (en este caso, la vesícula observada)
- Q representa el modelo teórico (en este caso, el histograma promedio)

Mide la cantidad esperada de bits extra requeridos para codificar ejemplos de P utilizando un código basado en Q.

También llamada “entropía relativa”.

# Divergencia de Kullback-Leibler

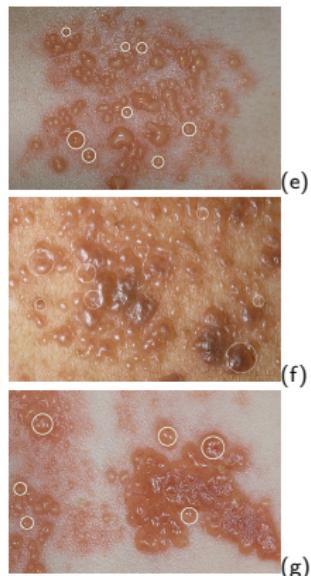
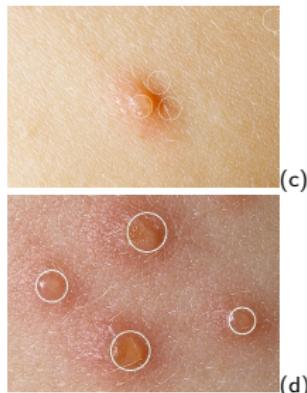
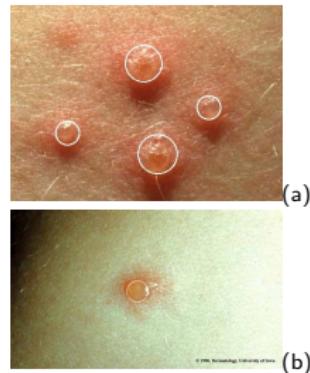
$$KLD(P||Q) = \sum_i P(i) \ln\left(\frac{P(i)}{Q(i)}\right).$$

La KLD no es una distancia, porque no cumple con la condición de simetría.

Utilizamos una variante simétrica de la KLD:

$$KLD_{sym}(P||Q) = \frac{KLD(P||Q) + KLD(Q||P)}{2}.$$

# Algunas imágenes analizadas



**Figura:** Vesículas analizadas. (a) - (b) - (c) - (d) Vesículas de varicela. (e) - (f) - (g) Vesículas de herpes zóster.

# Resultados: Comparación entre varicela y piel

Los mejores resultados se observan sobre  $KLD_A$ ,  $KLD_B$  y  $KLD_{AB}$ .

Imagen	Círculo detectado	$KLD_A$	$KLD_B$	$KLD_{AB}$
Varicela 1	Falso positivo	24,26	16,98	32,60
Varicela 2	Falso positivo	27,54	17,22	45,41
Varicela 3	Falso positivo	25,71	17,39	28,28
Varicela 4	Falso positivo	22,52	15,74	24,90
Varicela 1	Vesícula 1	0,33	1,69	6,43
Varicela 1	Vesícula 2	0,51	1,16	7,15
Varicela 1	Vesícula 3	1,13	4,46	11,39
Varicela 1	Vesícula 4	0,68	2,60	11,17
Varicela 2	Vesícula 1	2,00	0,35	12,87
Varicela 3	Vesícula 1	2,17	3,87	12,66
Varicela 3	Vesícula 2	0,68	0,50	6,06
Varicela 3	Vesícula 3	1,49	0,49	7,01
Varicela 3	Vesícula 1	1,83	5,07	11,46

**Cuadro:** Mediciones de KLD entre histogramas de círculos detectados y los histogramas promedio, sobre componentes \*a y \*b.

# Comparación entre vesículas de varicela y herpes zóster

Mediciones realizadas sobre:

- Un conjunto de círculos detectados de varicela
- Un conjunto de círculos detectados de herpes zóster
- Comparación contra el histograma promedio de la varicela

Resultado esperado:

- Divergencias de las vesículas de varicela: dentro un intervalo observable
- Divergencias de los histogramas de herpes: pocas o ninguna de las vesículas dentro de ese intervalo

# Resultados: Comparación entre varicela y herpes zóster

Resultados no alentadores:

Imagen 11	Círculo detectado	$KLD_A$	$KLD_B$	$KLD_{AB}$
Herpes 1	Vesícula 1	7,86	10,42	18,73
Herpes 1	Vesícula 2	17,79	15,80	22,70
Herpes 1	Vesícula 3	7,24	11,72	20,27
Herpes 1	Vesícula 4	8,39	14,63	20,15
Herpes 1	Vesícula 5	7,42	10,35	17,85
Herpes 1	Vesícula 6	5,41	4,95	15,72
Herpes 2	Vesícula 1	4,03	5,78	12,86
Herpes 2	Vesícula 2	2,93	1,99	11,70
Herpes 2	Vesícula 3	6,35	6,79	15,60
Herpes 3	Vesícula 1	26,25	24,90	31,63
Herpes 3	Vesícula 2	4,81	9,57	19,64
Varicela 1	Vesícula 1	0,33	1,69	6,43
Varicela 1	Vesícula 2	0,51	1,16	7,15
Varicela 1	Vesícula 3	1,13	4,46	11,39
Varicela 1	Vesícula 4	0,68	2,60	11,17
Varicela 2	Vesícula 1	2,00	0,35	12,87
Varicela 3	Vesícula 1	2,17	3,87	12,66
Varicela 3	Vesícula 2	0,68	0,50	6,06
Varicela 3	Vesícula 3	1,49	0,49	7,01
Varicela 3	Vesícula 1	1,83	5,07	11,46

**Cuadro:** Mediciones de KLD entre círculos detectados de varicela y herpes zóster, contra el histograma promedio de varicela

# Pruebas adicionales

- Medición de distancias: la norma 1 y norma 2
- Histogramas de componentes individuales de RGB
- Histogramas bivariados de componentes de RGB
- Histogramas de componentes individuales de L\*a\*b

En ninguna de estas pruebas se observó que el conjunto de mediciones de la varicela y del herpes zóster cayeran en intervalos disjuntos.

## Conclusión parcial

- Para este conjunto de imágenes utilizadas, el análisis de la divergencia de histogramas entre la varicela y el herpes zóster no alcanza para determinar un umbral para distinguir entre ambas enfermedades.
- El mismo método arroja resultados favorables para determinar si una vesícula detectada es un falso positivo (piel) o una vesícula real de varicela.

# Distancia de Mahalanobis

La distancia Mahalanobis entre dos vectores aleatorios multidimensionales  $x$  e  $y$ , provenientes de la misma población, se define como:

$$d_{mahal}(\vec{x}, \vec{y}) = \sqrt{(\vec{x} - \vec{y})^T S^{-1} (\vec{x} - \vec{y})}. \quad (1)$$

Siendo  $\vec{x}$  e  $\vec{y}$  los vectores entre los cuáles se desea medir la distancia.

# Distancia de Mahalanobis

La distancia Mahalanobis entre un vector multivariado  $x$  a un conjunto de valores con media  $\mu$ , y matriz de covarianza  $S$ , se define como:

$$D_{mahal}(x) = \sqrt{(x - \mu)^T S^{-1} (x - \mu)}. \quad (2)$$

$$x = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)^T$$

$$\mu = (\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots, \mu_n)^T$$

# Distancia de Mahalanobis

- Similar a la distancia euclídea
- Sirve para determinar la similitud entre los dos vectores
- A diferencia de la distancia euclídea, tiene en cuenta la correlación entre las variables
- Se adapta mejor para distribuciones simétricas no esféricas
- Es útil para determinar la distancia de un punto a la media de una distribución, o la distancia entre las medias de dos distribuciones
- Entonces, puede indicar si los píxeles de una vesícula detectada son más similares a los de varicela o a los de herpes zóster

# Resultados: Comparación por distancia de Mahalanobis

Resultados favorables para discriminar los falsos positivos, pero no para distinguir entre vesículas de varicela y de herpes zóster.

Imagen 11	Círculo detectado	$D_L$	$D_A$	$D_B$	$D_{LA}$	$D_{LB}$	$D_{AB}$
Varicela 1	Falso positivo 1	13,2	19,2	0,1	20,5	23,4	35,4
Varicela 1	Falso positivo 2	9,5	19,4	0,0	20,0	16,1	34,2
Varicela 1	Falso positivo 3	5,1	14,6	0,0	15,5	8,0	24,6
Varicela 1	Falso positivo 4	11,0	15,3	0,1	16,7	19,2	27,7
Varicela 1	Vesícula 1	1,5	3,0	0,9	5,3	3,0	3,7
Varicela 1	Vesícula 2	3,6	4,5	1,2	11,7	7,5	5,3
Varicela 1	Vesícula 3	1,7	1,6	0,3	3,5	2,4	2,0
Varicela 1	Vesícula 4	2,5	4,7	0,9	7,5	4,1	5,6
Herpes 1	Vesícula 1	0,90	2,70	1,60	6,29	4,19	3,70
Herpes 1	Vesícula 2	1,14	2,64	1,16	3,48	1,97	3,50
Herpes 2	Vesícula 1	2,94	2,69	1,00	13,53	8,38	3,15
Herpes 2	Vesícula 2	1,74	4,75	1,63	14,37	7,21	5,38
Herpes 3	Vesícula 1	1,39	6,83	1,95	17,51	6,48	7,53
Herpes 3	Vesícula 2	0,98	3,62	1,86	7,59	4,42	4,02

**Cuadro:** Mediciones de promedio de  $D_{mahal}$  entre círculos detectados de varicela, herpes zóster y falsos positivos, contra el histograma promedio de varicela

# Distribución poblacional del color de la vesículas

- Distribuciones de color de ambas enfermedades muy similares
- ¿Pertenecen a una misma población?
- ¿Son muestras de la misma variable aleatoria?
- Pruebas estadísticas para determinar su homogeneidad
  - Test de distribución Hotelling T-Cuadrada
  - Test de ANOVA

# Test de distribución Hotelling T-Cuadrada

- Asumiendo dos distribuciones multinormales y con matrices de covarianza idénticas, dada la hipótesis nula  $H_0$  que ambas medias son iguales  $\mu_1 = \mu_2$ , puede indicar si hay suficiente evidencia para rechazar  $H_0$ .
- Vector de diferencia utilizado: distancia de Mahalanobis.
  - Entre los píxeles de una vesícula de varicela y el histograma promedio de varicela
  - Entre los píxeles de una vesícula de herpes zóster y el histograma promedio de varicela

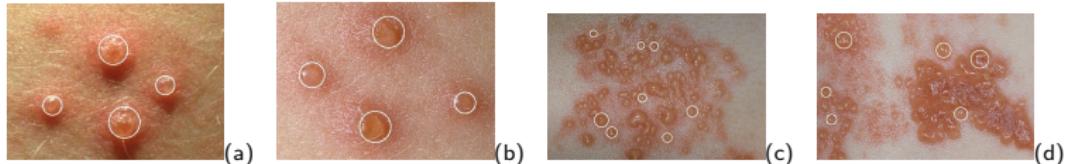
# Resultados: Test de distribución Hotelling T-Cuadrada

- En todos los casos el test arrojó  $p = 0$
- Indica que, utilizando este test, **no hay evidencia suficiente** para rechazar la hipótesis nula de que ambas distribuciones tienen la misma media.

# Test de ANOVA (Analysis of Variance)

Evaluar si se puede rechazar la hipótesis nula  $H_0$  de igualdad de las medias.

- Tomar imágenes representativas
- Construir una clase con los valores para las vesículas de cada imagen
- Medir la distancia entre las medias de las clases (e intraclasses también)



**Figura:** Vesículas detectadas. (a) - (b) Vesículas de varicela. (c) - (d) Vesículas de herpes zóster.

# Mediciones: Diferencias entre medias de varicela y herpes zóster (comp. \*a)

Distancia entre medias	Intervalo	Comparación de medias
$\mu(a) - \mu(c) = 9,1967$	[8,8831, 9,5104]	Interclases
$\mu(a) - \mu(d) = 6,1135$	[5,8445, 6,3826]	Interclases
$\mu(b) - \mu(c) = 6,5746$	[6,2689, 6,8802]	Interclases
$\mu(b) - \mu(d) = 3,4913$	[3,2317, 3,7509]	Interclases
$\mu(a) - \mu(b) = 2,6222$	[2,3835, 2,8609]	Intraclasses
$\mu(c) - \mu(d) = -3,0832$	[-3,4131, -2,7533]	Intraclasses

Cuadro: Comparación entre clases de varicela y herpes zóster, sobre componente \*a

# Mediciones: Diferencias entre medias de varicela y herpes zóster (comp. \*Cb)

Distancia entre medias	Intervalo	Comparación de medias
$\mu(a) - \mu(c) = -8,3343$	[-8,6310, -8,0376]	Interclases
$\mu(a) - \mu(d) = -8,0301$	[-8,2846, -7,7756]	Interclases
$\mu(b) - \mu(c) = 5,2527$	[4,9636, 5,5418]	Interclases
$\mu(b) - \mu(d) = 4,9486$	[4,7030, 5,1941]	Interclases
$\mu(a) - \mu(b) = -3,0816$	[-3,3073, -2,8558]	Intraclasses
$\mu(c) - \mu(d) = 0,3042$	[-0,0079, 0,6162] (**)	Intraclasses

Cuadro: Comparación entre clases de varicela y herpes zóster, sobre componente \*Cb

# Mediciones: Diferencias entre medias de varicela y herpes zóster (comp. \*Cr)

Distancia entre medias	Intervalo	Comparación de medias
$\mu(a) - \mu(c) = 12,1550$	[11,8231, 12,4869]	Interclases
$\mu(a) - \mu(d) = 8,9064$	[8,6217, 9,1910]	Interclases
$\mu(b) - \mu(c) = -8,0765$	[-8,3999, -7,7532]	Interclases
$\mu(b) - \mu(d) = -4,8279$	[-5,1026, -4,5532]	Interclases
$\mu(a) - \mu(b) = 4,0785$	[3,8259, 4,3310]	Intraclasses
$\mu(c) - \mu(d) = -3,8426$	[-3,5977, -2,8996]	Intraclasses

Cuadro: Comparación entre clases de varicela y herpes zóster, sobre componente \*Cr

## Resultados: Test de ANOVA

Asumiendo una distribución normal de los valores y varianzas iguales,

Hipótesis nula  $H_0$ : las medias de los colores de las vesículas de varicela y herpes zóster son iguales.

- Componente a\*: diferencia  $\mu_{(\text{varicela})} - \mu_{(\text{herpeszóster})} = 5,8608$ , con una confianza del 100 % en el intervalo [5,7044 – 6,0171].
- Componente \*Cb: diferencia  $\mu_{(\text{varicela})} - \mu_{(\text{herpeszóster})} = -6,4700$ , con una confianza del 100 % en el intervalo [-6,6175 – -6,3225].
- Componente \*Cr: diferencia  $\mu_{(\text{varicela})} - \mu_{(\text{herpeszóster})} = 7,9246$ , con una confianza del 100 % en el intervalo [7,7563 – 8,0929].

## Resultados: Test de ANOVA

- Existe suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula de que las medias de las dos clases son iguales
- Además, la diferencia interclases es mayor que la diferencia intraclases
- Sin embargo, hay demasiada variabilidad en los datos para poder aceptar la otra hipótesis nula: que las imágenes pertenecientes a la misma clase tienen la misma media.

# Conclusiones sobre detección

- Método para detección de vesículas sobre fotografías en bruto
- Espacio de color L\*a\*b útil para detección de bordes y discriminación
- Buen desempeño de método de Canny y CHT

## Conclusiones sobre discriminación

- Análisis de discriminación basado en el color interno de las vesículas
- Resultados favorables en la discriminación de falsos positivos
- Resultados poco alentadores en la discriminación de varicela y herpes zóster
- Test de ANOVA permite rechazar la hipótesis nula de que las medias de varicela y herpes son iguales
- Variabilidad y poca cantidad de las imágenes de muestra

# Trabajo futuro

- Detección de piel: segmentación por color
- Detección de ampollas que no tengan forma circular
- Análisis de la distribución de las vesículas
- Escala de las imágenes
- Aprendizaje automático sobre el histograma del color de las ampollas detectadas
- Biblioteca de imágenes
- Comparación con otras enfermedades

# Preguntas?

...

# Gracias!

Virginia Arroyo ([virginia.arroyo@gmail.com](mailto:virginia.arroyo@gmail.com))  
Julián Oyola ([joyola@dc.uba.ar](mailto:joyola@dc.uba.ar))

**Directores:**

Anita Ruedin ([ana.ruedin@dc.uba.ar](mailto:ana.ruedin@dc.uba.ar))  
Daniel Acevedo ([dacevedo@dc.uba.ar](mailto:dacevedo@dc.uba.ar))