



fcfm

Ingeniería Eléctrica
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



PRÁCTICA PROFESSIONAL I

- **Alumno:** Matías Carvajal Pérez
- **Supervisor:** Carlos Navarro Clavería
- **Organización:** SCIAN-Lab
- **Periodo:** Dic. 2023 - Mar. 2024

CONTENIDO

Organización	1
Contexto	2
Resumen	3
SCIAN-Drop	4 - 6
SCIAN-Force	7 - 9
Aprendizajes	10
Análisis Critico	11
Debilidades y Fortalezas	12
Conclusiones	13

ORGANIZACIÓN

SCIAN-LAB, FACULTAD DE MEDICINA

- Se busca diseñar herramientas matemáticas y computacionales en un contexto biológico.
- Su misión se centra en innovar e investigar en beneficio de la sociedad. Sus valores están alineados con los estándares de la Universidad y el CIMT.



Figura 1: Logo del SCIAN-Lab.

(sitio web: <https://scian.cl/scientific-image-analysis/>)

CONTEXTO

CÁNCER

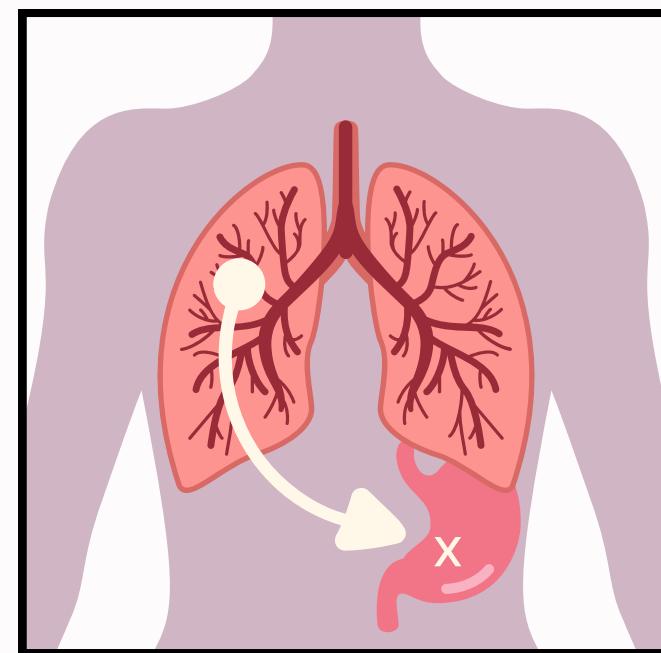


Figura 2: Esquema de la Metástasis

EXPERIMENTO

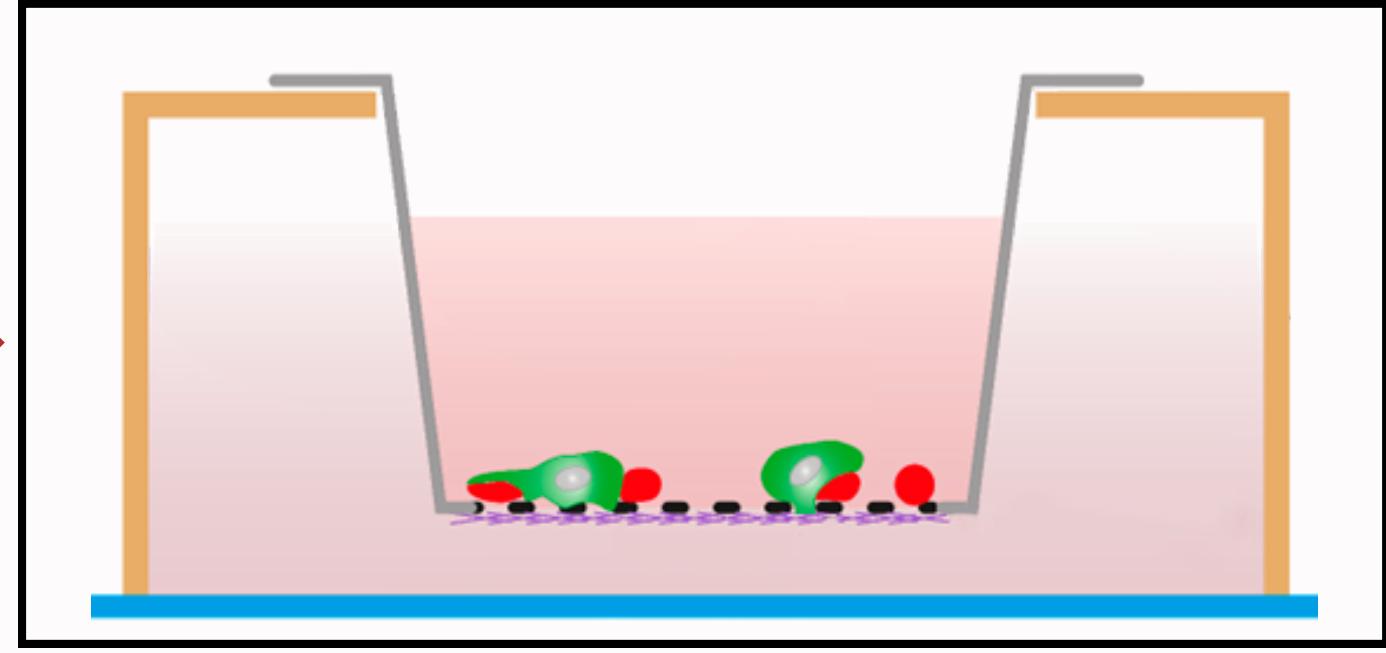


Figura 3: Experimento para la medición de fuerzas, de manera no invasiva
(K. Palma, setup experimental)

FUERZAS

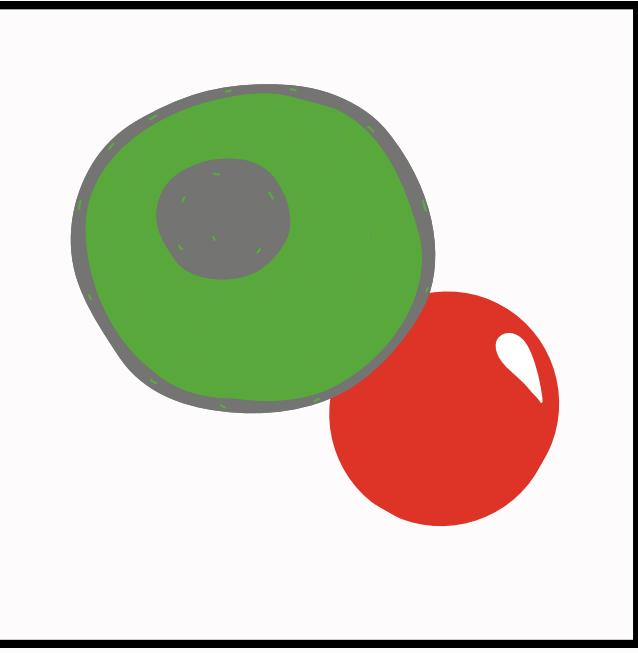


Figura 4: Célula impacta una droplet

PROBLEMA

Analizar las deformaciones de una droplet durante la migración de una célula cancerígena

OBJETIVOS

1. Obtener la tensión interfacial de la gota

2. Obtener la fuerza ejercida en la superficie de la gota

RESUMEN

- Se generó un método de medición de fuerzas. Forman parte de él los **dos software** creados:

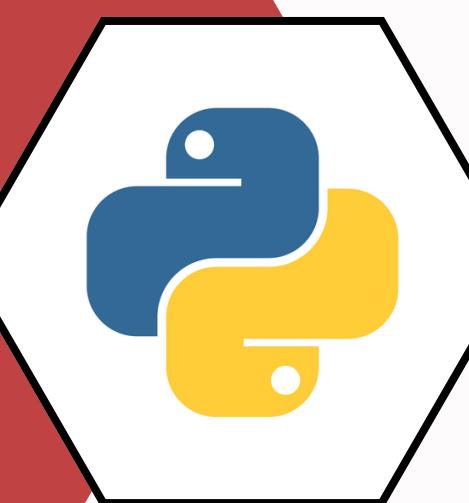


SCIAN-Drop **SCIAN-Force**
(2D) **(3D)**



- Todo el trabajo fue debidamente documentado
- Se cumplieron los objetivos

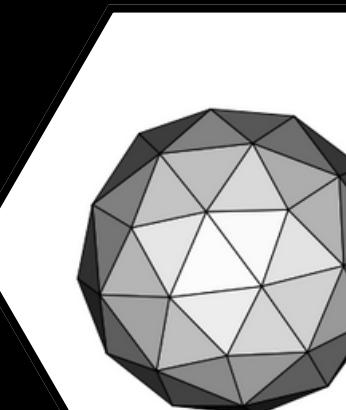
3



Se ocupó **Python** y diversas librerías de utilidad



Fue necesario aprender a utilizar otras aplicaciones, como **ImageJ (Fiji)** e **IDL**



Se estudiaron distintos tópicos, como lo son la **biología, física, geometría, álgebra**, etcétera



SCIAN-DROP

PROGRAMA PARA MEDIR LA TENSIÓN

4

Tensión interfacial (γ)

Propiedad superficial, entre dos medios, que permite a los líquidos resistir fuerzas externas que se le apliquen. Para medirla, se utilizó el método “*Pendant Drop*” (A. Lucio, 2015), obteniendo parámetros geométricos a partir de la imagen de una gota colgando de una aguja, sumergida en un medio.



Figura 5: Clip flotando sobre el agua gracias a la tensión de ella
(U.S. Geological Survey, 2019)



Figura 6: Imagen del experimento de la gota colgante
(K. Palma, setup experimental)



SCIAN-DROP

ESQUEMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO

5

ENTRADA

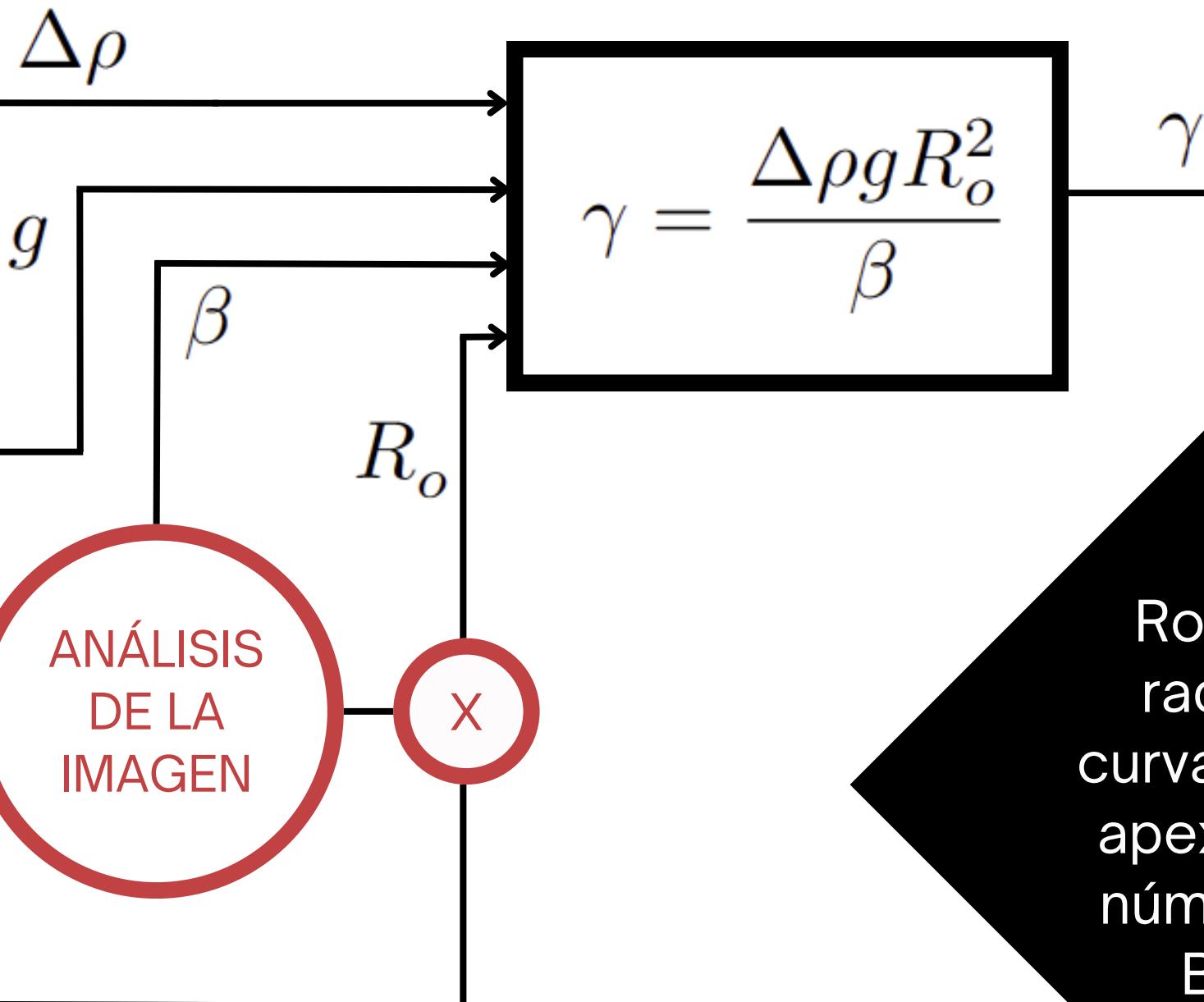
$\Delta\rho$ = diferencia entre la densidad del medio y la gota

g = aceleración de gravedad

Imagen del experimento

Ancho de la aguja (referencia de tamaño)

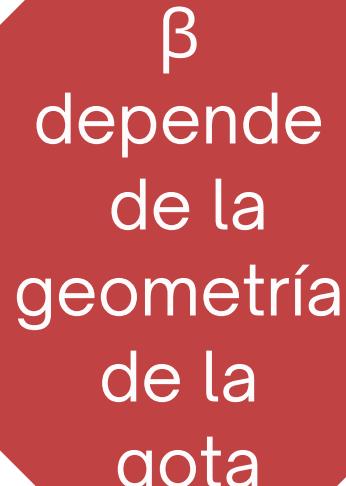
SALIDA



Possible preprocesado para segmentación



R_o es el radio de curvatura del apex y β , el número de Bond



β depende de la geometría de la gota

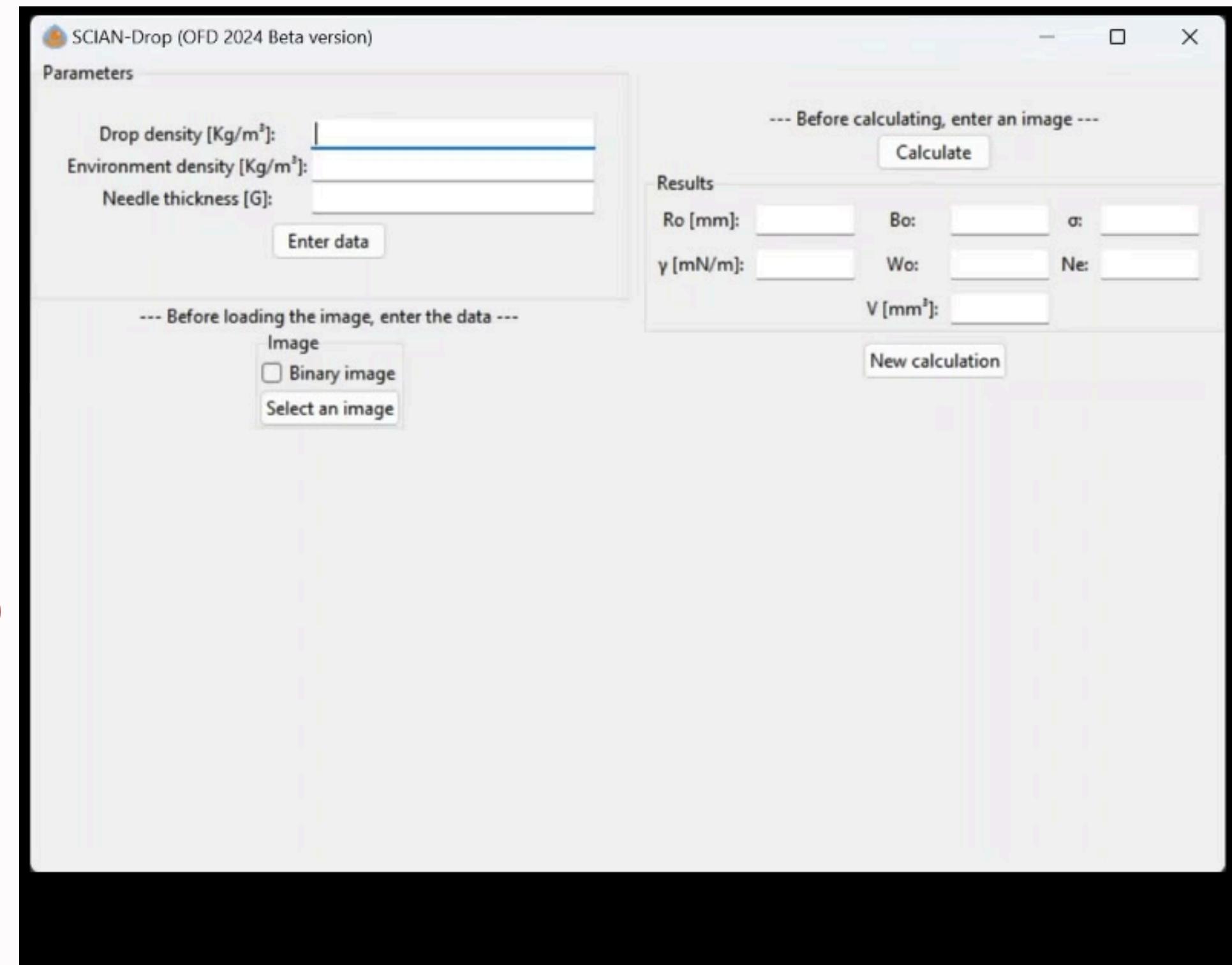


SCIAN-DROP

FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

6

ENTRADA



SALIDA

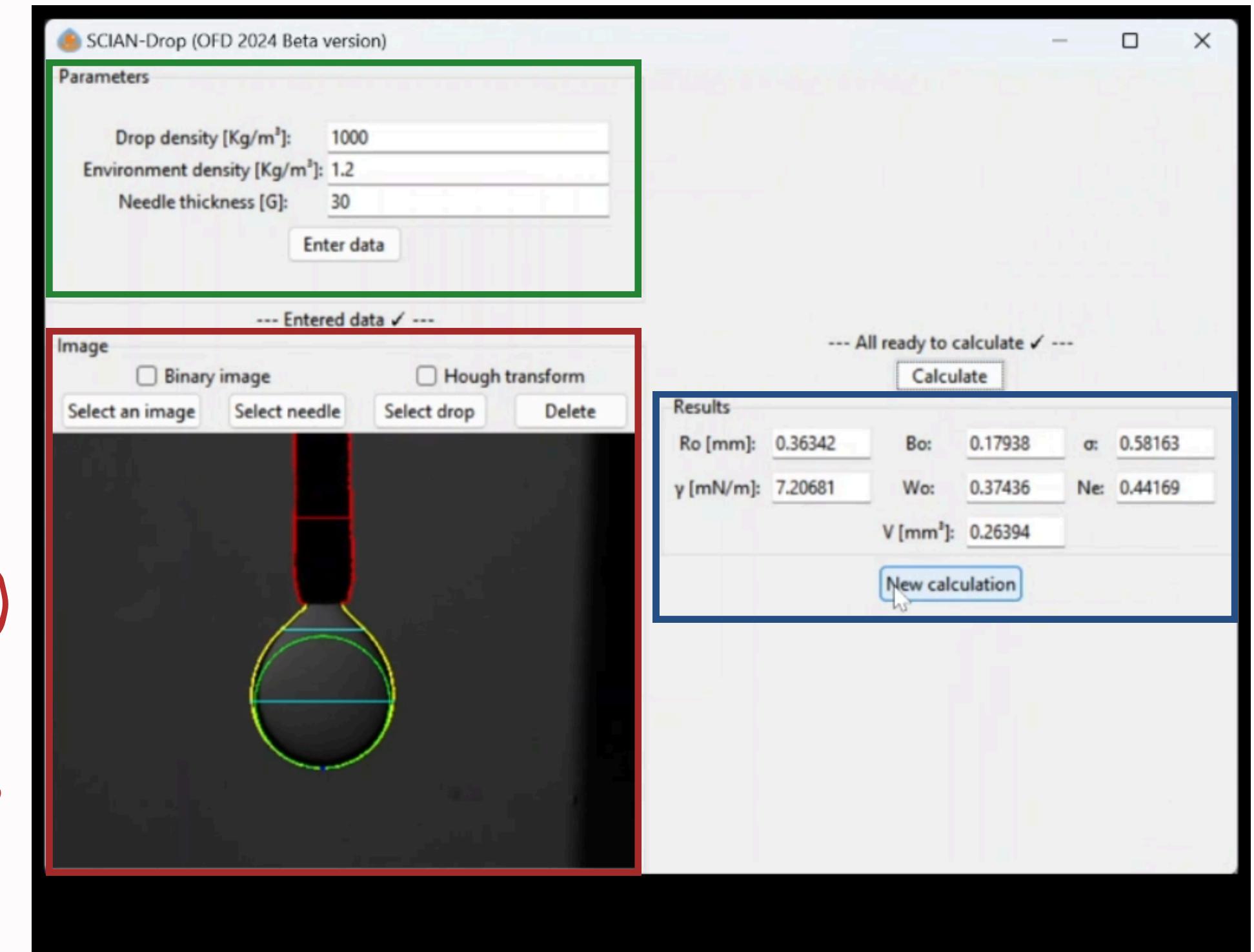
- La imagen se puede segmentar antes o con el programa
- Ofrece dos formas de obtener el círculo para el radio



SCIAN-DROP

FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

ENTRADA



SALIDA

- La imagen se puede segmentar antes o con el programa
- Ofrece dos formas de obtener el círculo para el radio



SCIAN-FORCE

PROGRAMA PARA MEDIR LA FUERZA APLICADA

7

TEORÍA

En la gota, puede haber dos tipos de presión. Una isotrópica (sin perturbaciones); y otra anisotrópica (con fuerzas externas). Esta última viene dada por:

$$\delta\sigma_{nn}(q) = 2\gamma \left(H(q) - \frac{1}{R} \right)$$

- H representa la curvatura (deformación)
- q es el punto en la superficie
- γ la tensión interfacial
- R el radio esférico que tenía la gota

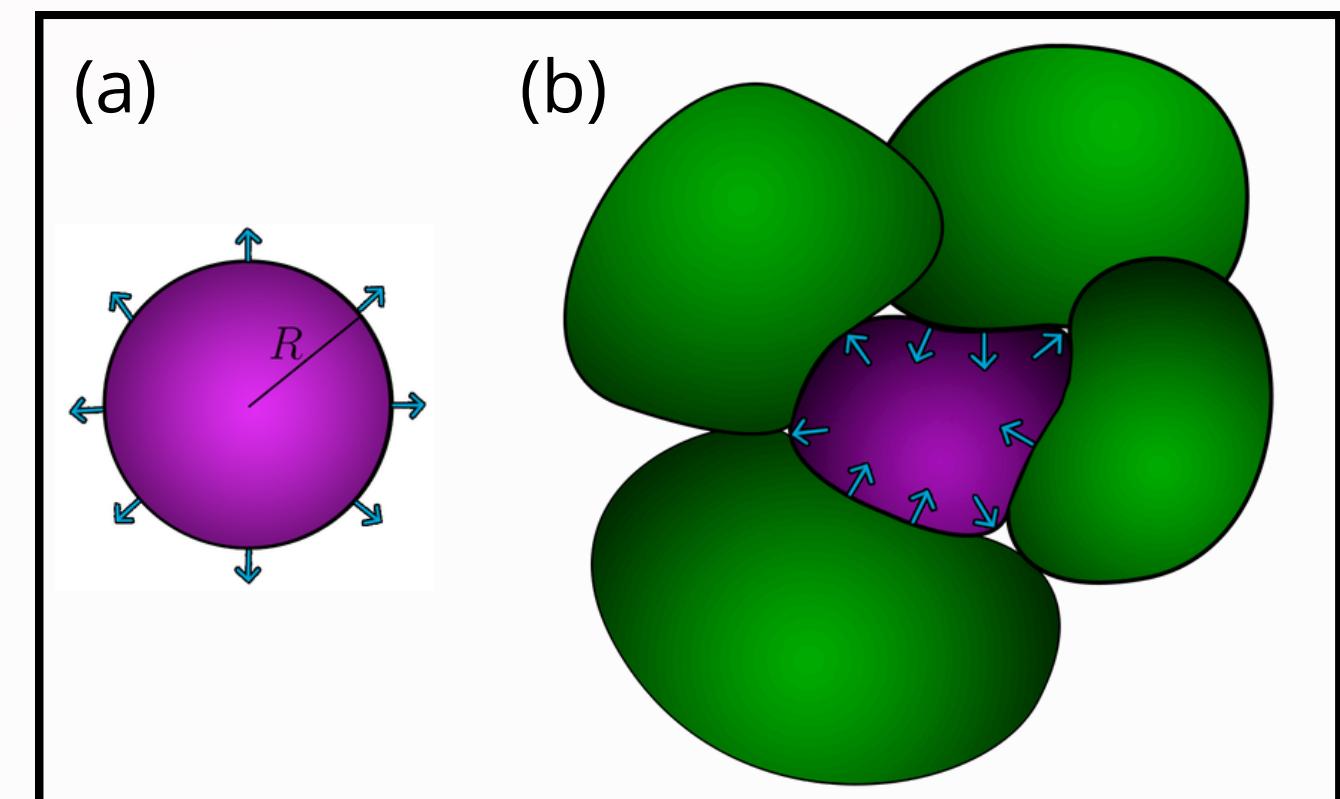


Figura 7: (a) gota en estado isotrópico.
(b) misma gota en estado anisotrópico



SCIAN-FORCE

PREPARACIÓN

8

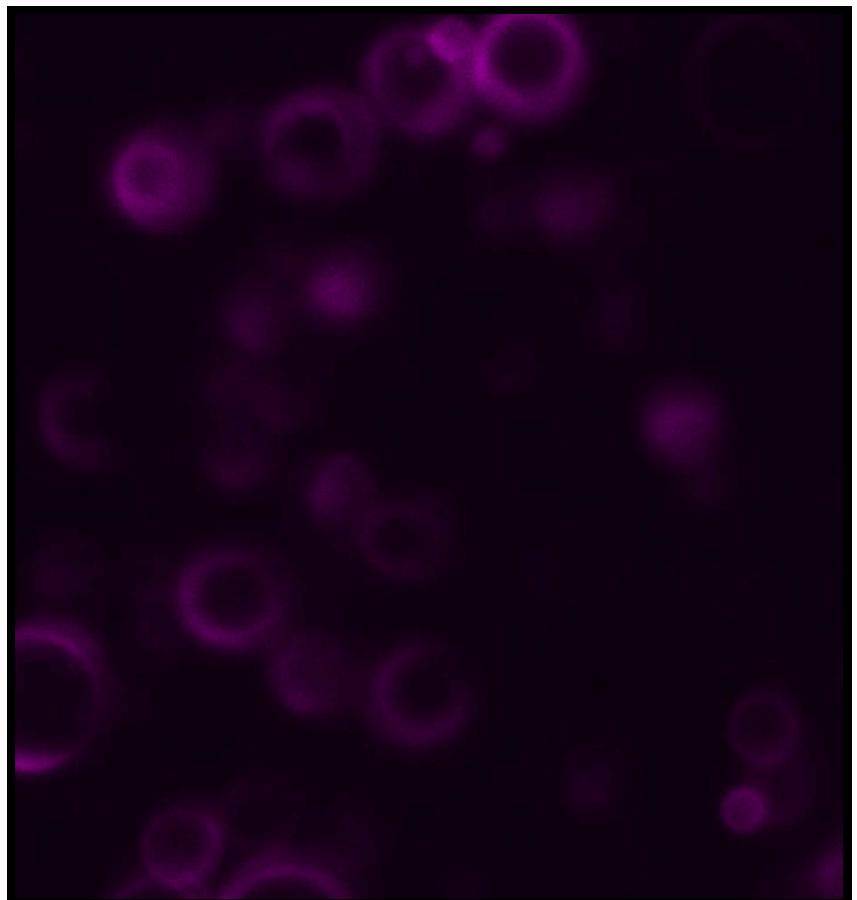


Figura 6: Ejemplo de z-stack
(K. Palma F. Valdés, microscopía
Spinning-Disk)

1. El microscopio entrega un z-stack
2. El z-stack es segmentado por expertas
3. Se genera una representación 3D (se optó por una malla triangular, versátil y fácil de trabajar)

¡ESTO ES LO
QUE RECIBE EL
PROGRAMA!

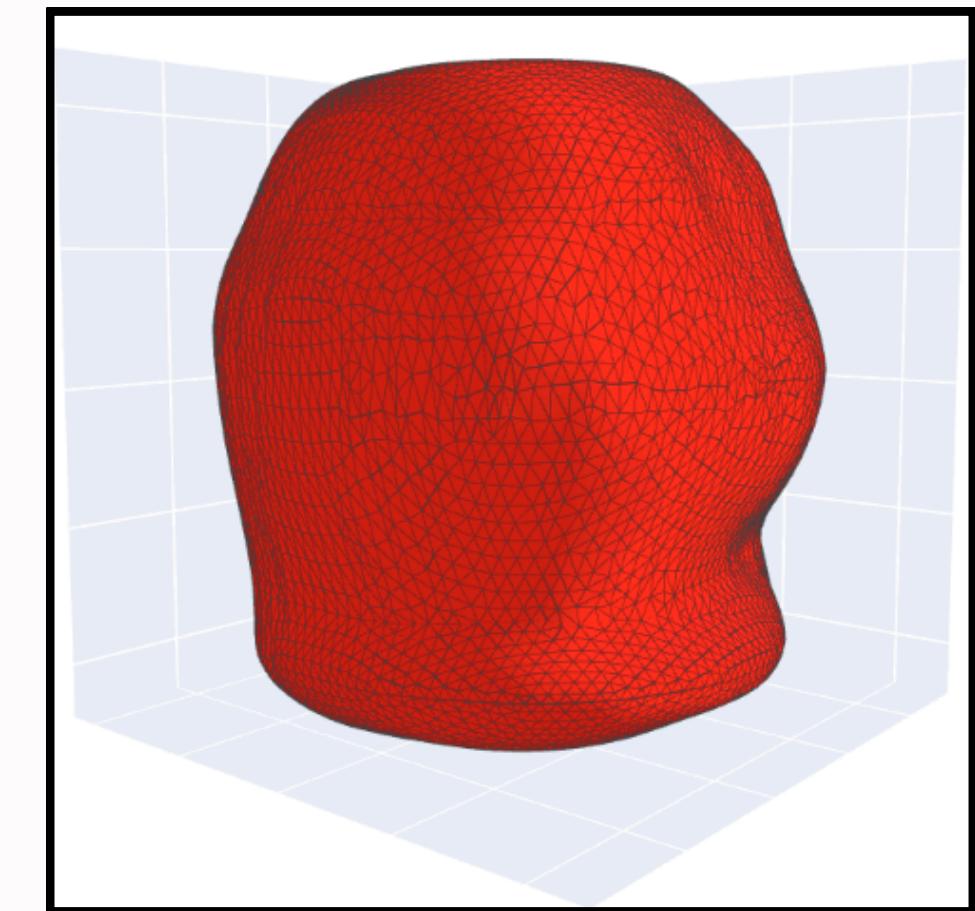


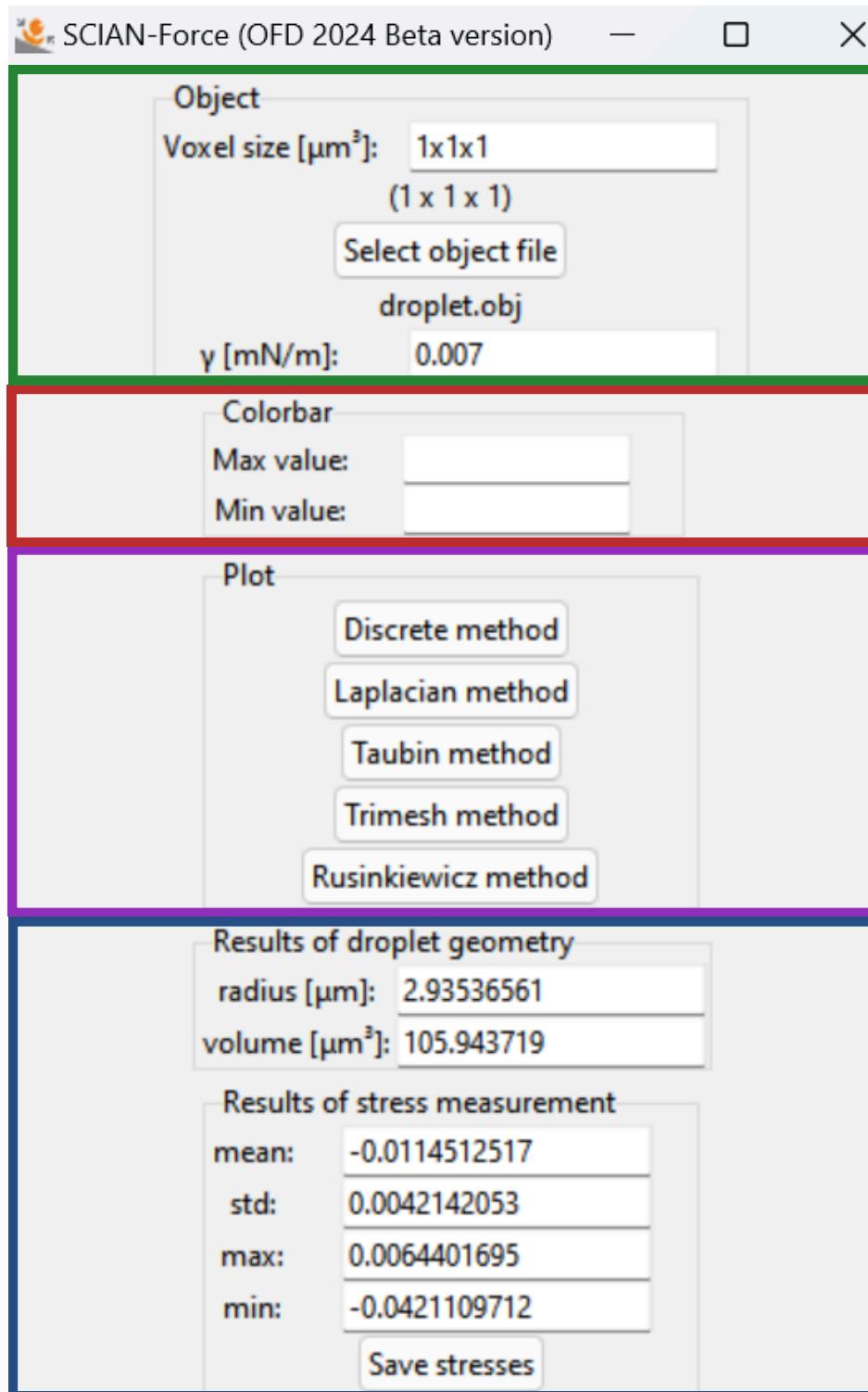
Figura 7: Malla triangular de
una gota deformada



SCIAN-FORCE

FUNCIONAMIENTO DEL PROGRAMA

9



Entrada y
ajuste de
tamaño

Límites en
los colores

Distintos
métodos
para calcular
curvaturas

Salida y
exportación
de resultados

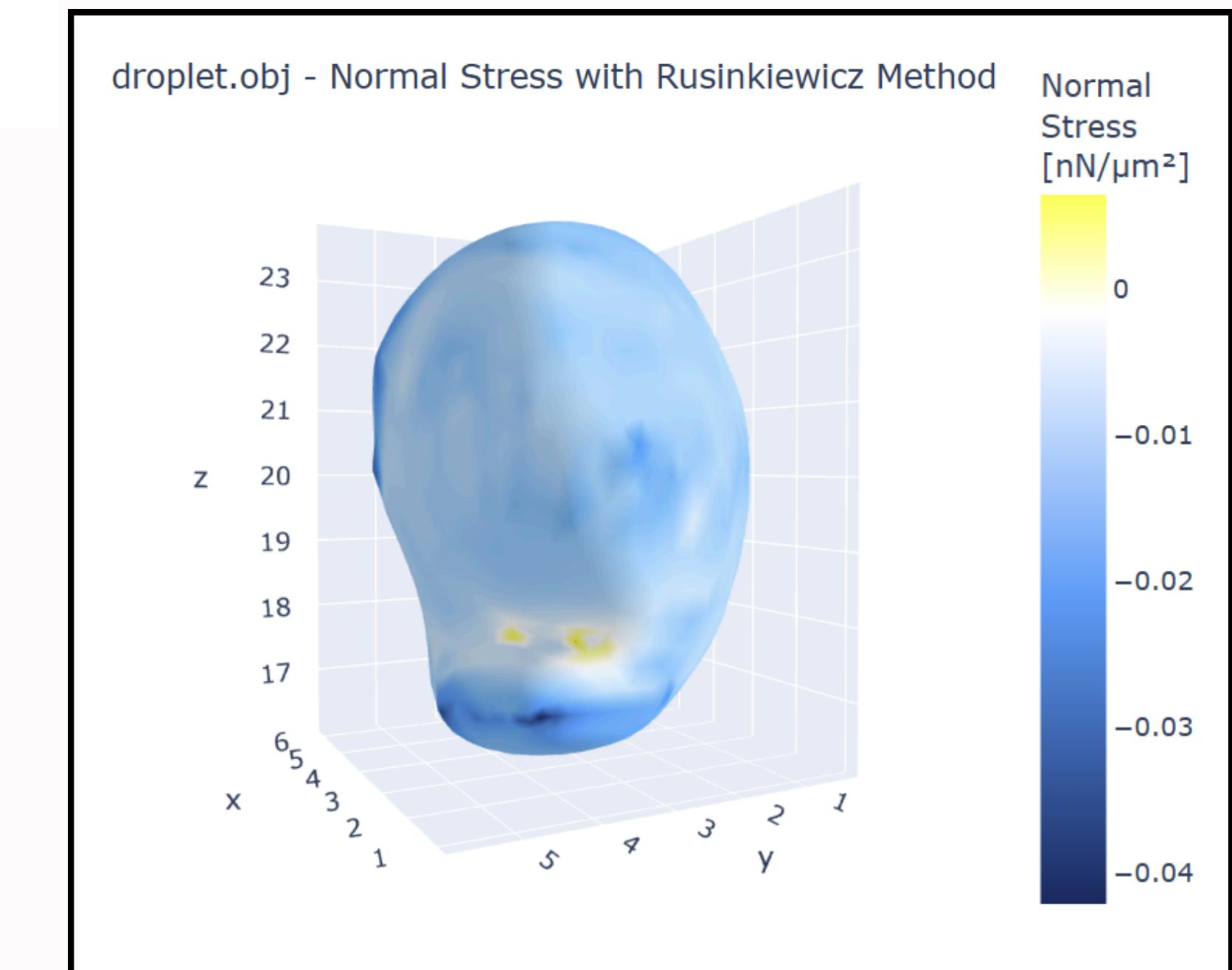


Figura 8: Visualización y coloreado de la malla

APRENDIZAJES

Se aprendió (o mejoró)...

10

La importancia del
trabajo interdisciplinario

APRENDIZAJES

10

Se aprendió (o mejoró)...

La importancia del trabajo interdisciplinario

A organizar correctamente el trabajo, a través de la documentación y reuniones

APRENDIZAJES

10

Se aprendió (o mejoró)...

La importancia del trabajo interdisciplinario

A organizar correctamente el trabajo, a través de la documentación y reuniones

A trabajar en equipo, pedir ayuda y compartir ideas

APRENDIZAJES

10

Se aprendió (o mejoró)...

La importancia del trabajo interdisciplinario

A organizar correctamente el trabajo, a través de la documentación y reuniones

A trabajar en equipo, pedir ayuda y compartir ideas

La oratoria, teniendo que hacer presentaciones semanales

APRENDIZAJES

10

Se aprendió (o mejoró)...

La importancia del trabajo interdisciplinario

A organizar correctamente el trabajo, a través de la documentación y reuniones

A trabajar en equipo, pedir ayuda y compartir ideas

La oratoria, teniendo que hacer presentaciones semanales

El área computacional de la carrera de manera ardua

APRENDIZAJES

10

Se aprendió (o mejoró)...

La importancia del trabajo interdisciplinario

A organizar correctamente el trabajo, a través de la documentación y reuniones

A trabajar en equipo, pedir ayuda y compartir ideas

La oratoria, teniendo que hacer presentaciones semanales

El área computacional de la carrera de manera ardua

Distintos tópicos, leyendo una amplia literatura en inglés y español

ANÁLISIS CRÍTICO

de la formación en la carrera

La alta exigencia y la necesidad de estudio autónomo en la carrera propició un gran rendimiento

Durante la experiencia, se utilizaron distintos tópicos vistos en la carrera

Antes de la Práctica Profesional, se evidenciaron pocas instancias de aplicación de contenidos



Figura 9: Ejemplo de detección de bordes en una imagen
(The MathWorks, Inc.)

DEBILIDADES Y FORTALEZAS

MIS DEBILIDADES Y FORTALEZAS

- Resiliente
- Disciplinado
- Motivado
- Desorganizado
- Poco confiado
- Terco

VENTAJAS DEL LABORATORIO

- Oportunidades
- Ambiente agradable
- Mucho apoyo



Figura 9: Curso internacional OFD
(sitio web: www.cellmorphodynamics.cl/course2024/)

CONCLUSIONES

Se dejó implementado un método completo, documentado y funcional para la medición de fuerzas

Se aprendió mucho de la experiencia, tanto a nivel teórico como personal

Se solucionó el problema inicial planteado en la práctica



AGRADECIMIENTOS ESPECIALES



Steffen Härtel, PhD en Física. Fundador e investigador principal del SCIAN-Lab. Sus ideas y comentarios fueron clave en el proyecto



Karina Palma, PhD en Ciencias Biomédicas. Ideadora del proyecto: segmentó y adquirió las imágenes, creó el setup experimental, entre otros muchos aportes.



Jorge Jara, PhD en Ciencias de la Computación. Sus conocimiento y enseñanzas son enormemente valoradas en esta experiencia



Francisca Valdés, Tecnóloga Médica. Brindó su apoyo en el área biológica del proyecto, como la segmentación y la adquisición de imágenes



Carlos Navarro, PhD en Ingeniería Eléctrica. Fue supervisor de mi práctica y me brindó todo el apoyo posible para tener el mejor resultado

Gracias a todos y todas

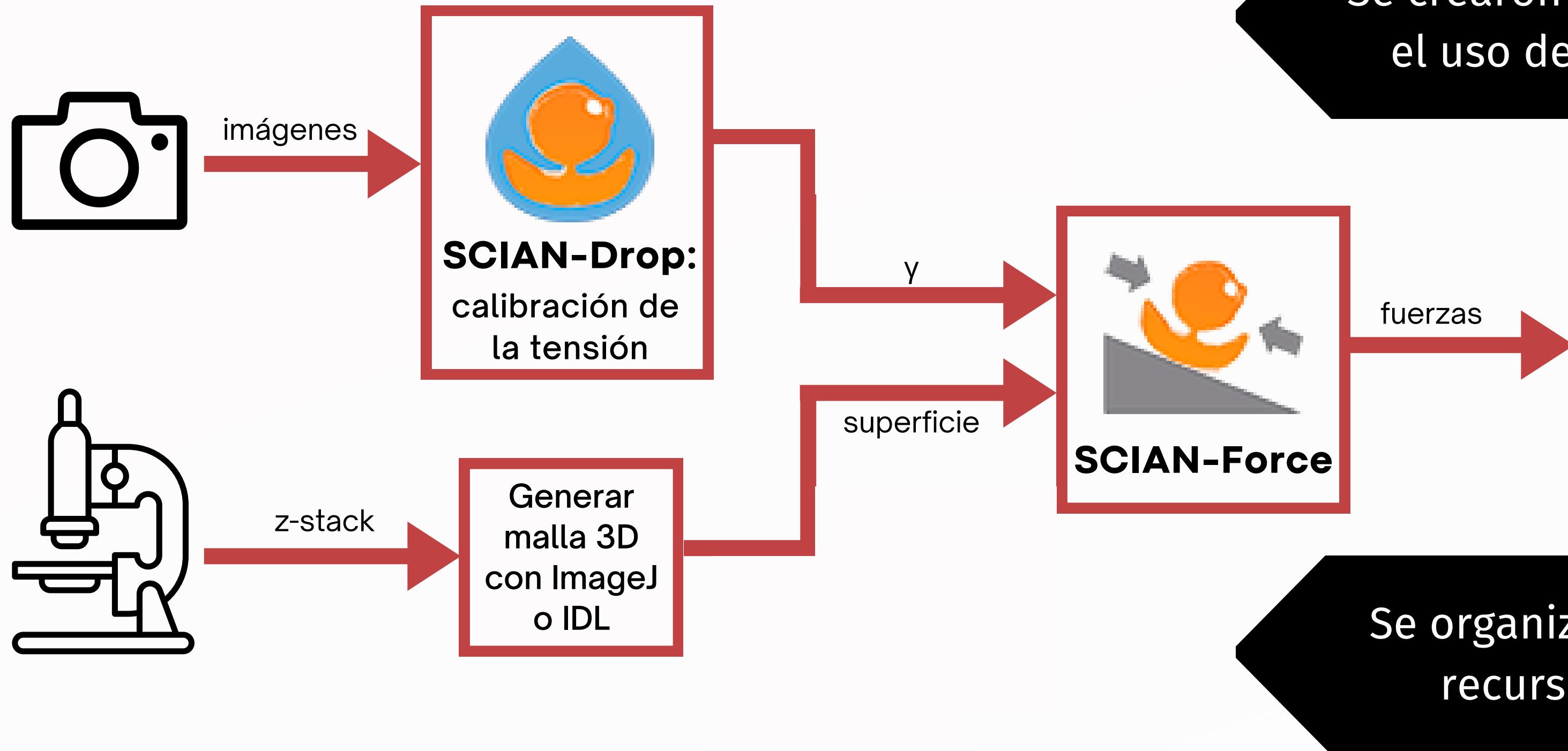
FIN





Diapositivas de apoyo

RESULTADO FINAL



GEOMETRÍA

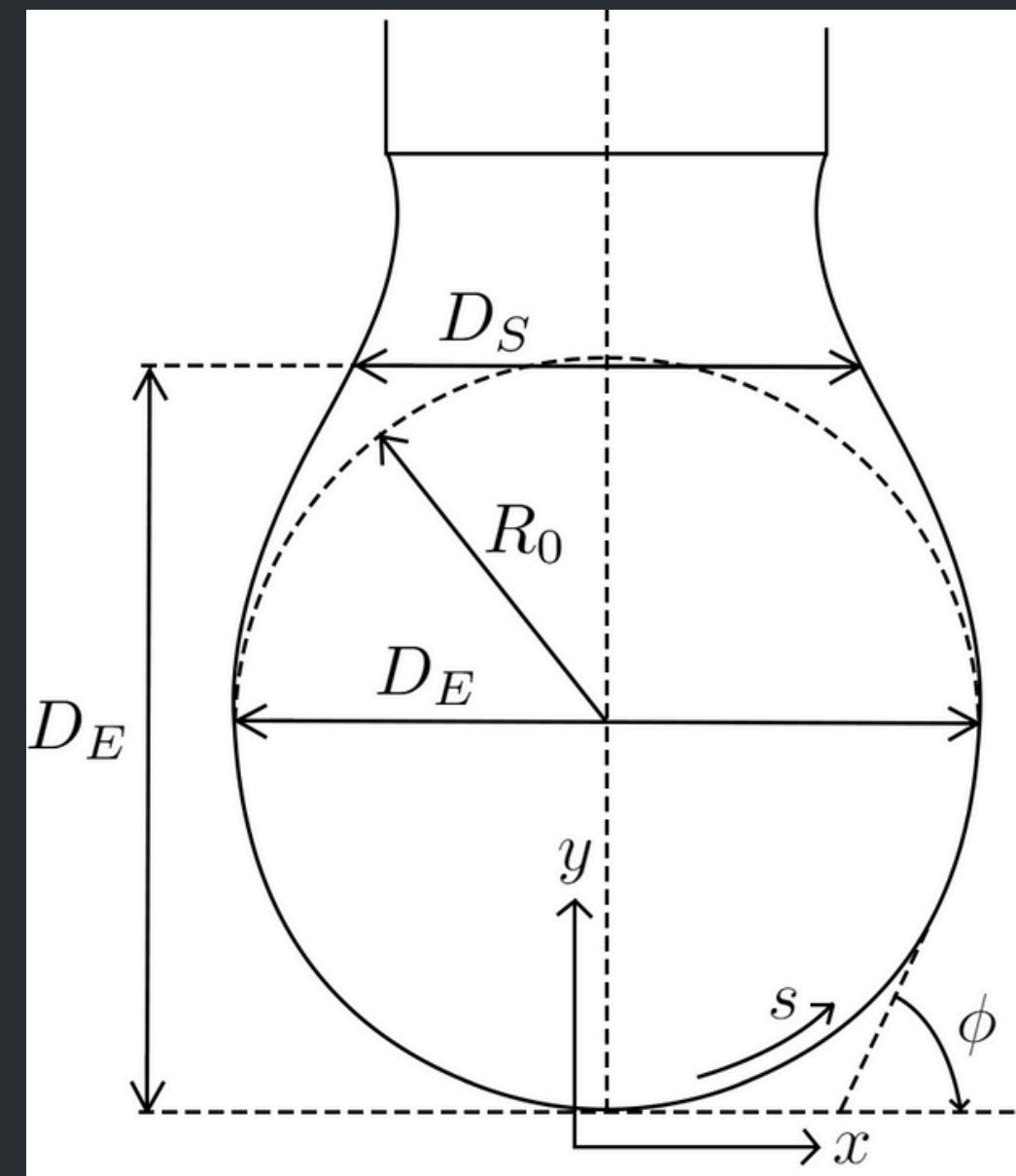


Figura 10: Valores de interés en la geometría de la gota colgante

Geometría

Es posible modelar el experimento a través de la EDP siguiente:

$$\frac{\partial \phi}{\partial S} = 2 - \beta Y - \frac{\sin(\phi)}{X}$$
$$\frac{\partial X}{\partial S} = \cos(\phi)$$
$$\frac{\partial Y}{\partial S} = \sin(\phi)$$

Donde β es el **número de Bond**. Este valor es de vital importancia para el cálculo de la tensión, ya que se define como:

$$\beta \equiv \frac{\Delta \rho g R_0^2}{\gamma}$$

Es posible estimarlo, con algún método, como Mínimos Cuadrados, luego de resolver la ecuación.

SCIAN-DROP

Existía un trabajo previo desarrollado en el laboratorio por otros estudiantes. Entre sus **distintos problemas**, se puede destacar que:

- El método para la estimación de β se desconocía, se usó una formula no respaldada
- El código era muy difícil de leer
- El programa arrojaba muchos errores, no alcanzaba a ejecutarse
- Entre otros, de diseño, escritura y teoría

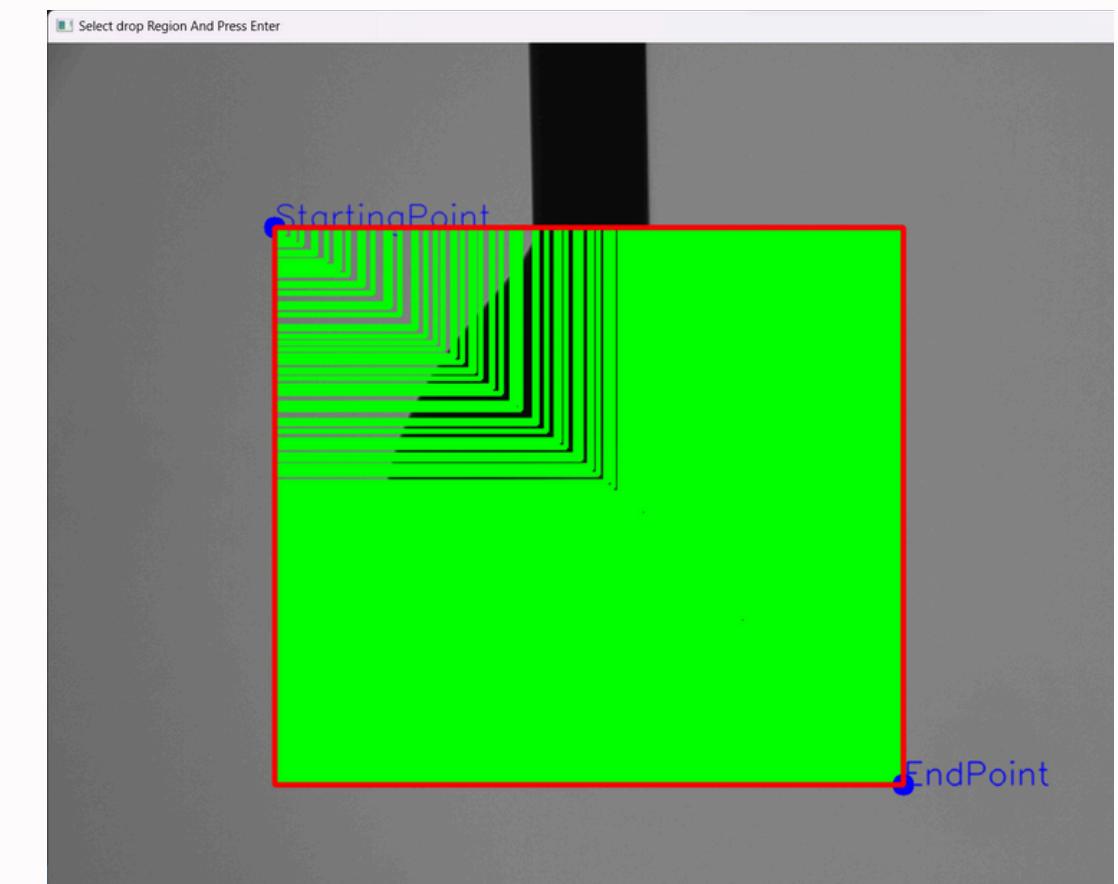


Figura 11: Ventana para seleccionar una ROI en la imagen

CONTEXTO BIOLÓGICO

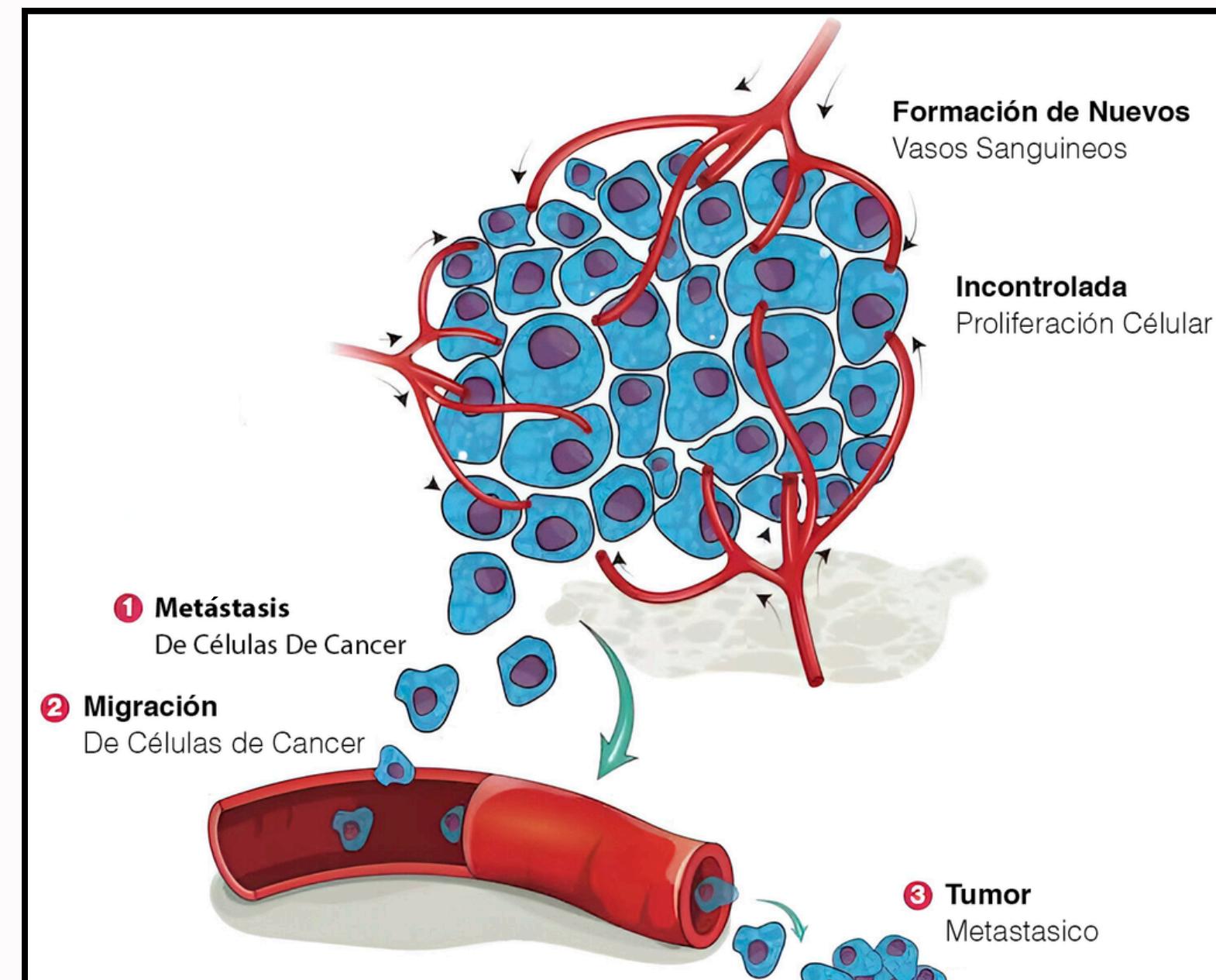


Figura 12: Esquema de la Metástasis
(J. Fricker, Cancerworld, 2022)

- La célula sufre estrés al migrar.
- Se utilizan droplets, gotas de aceite biocompatibles, como sensores de fuerza

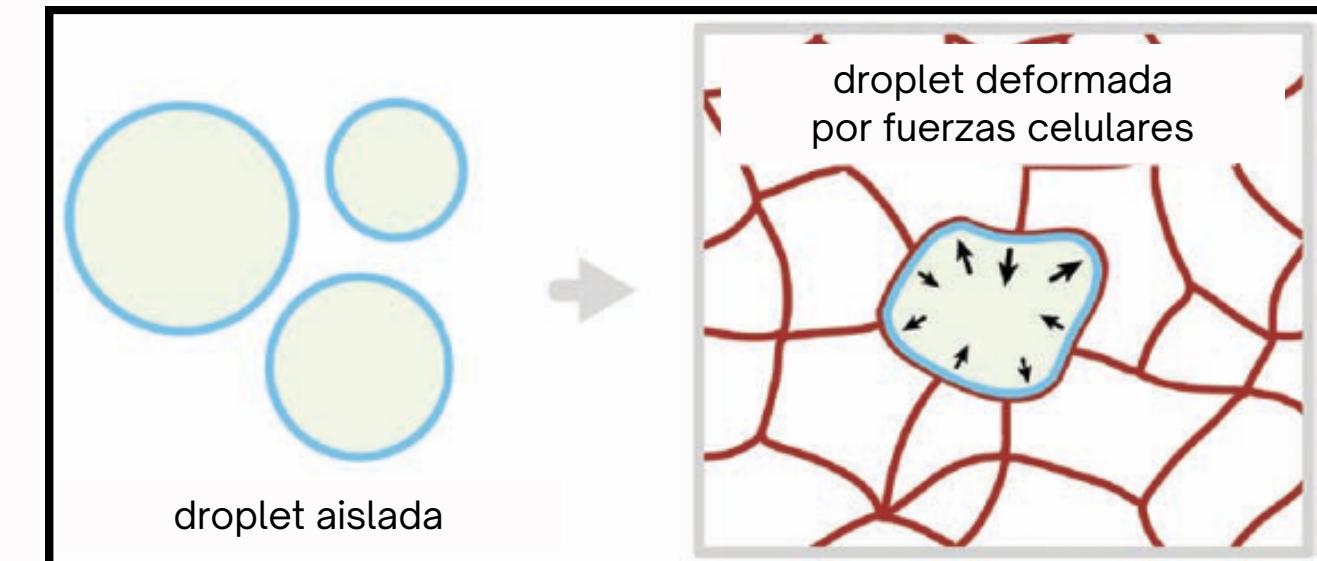
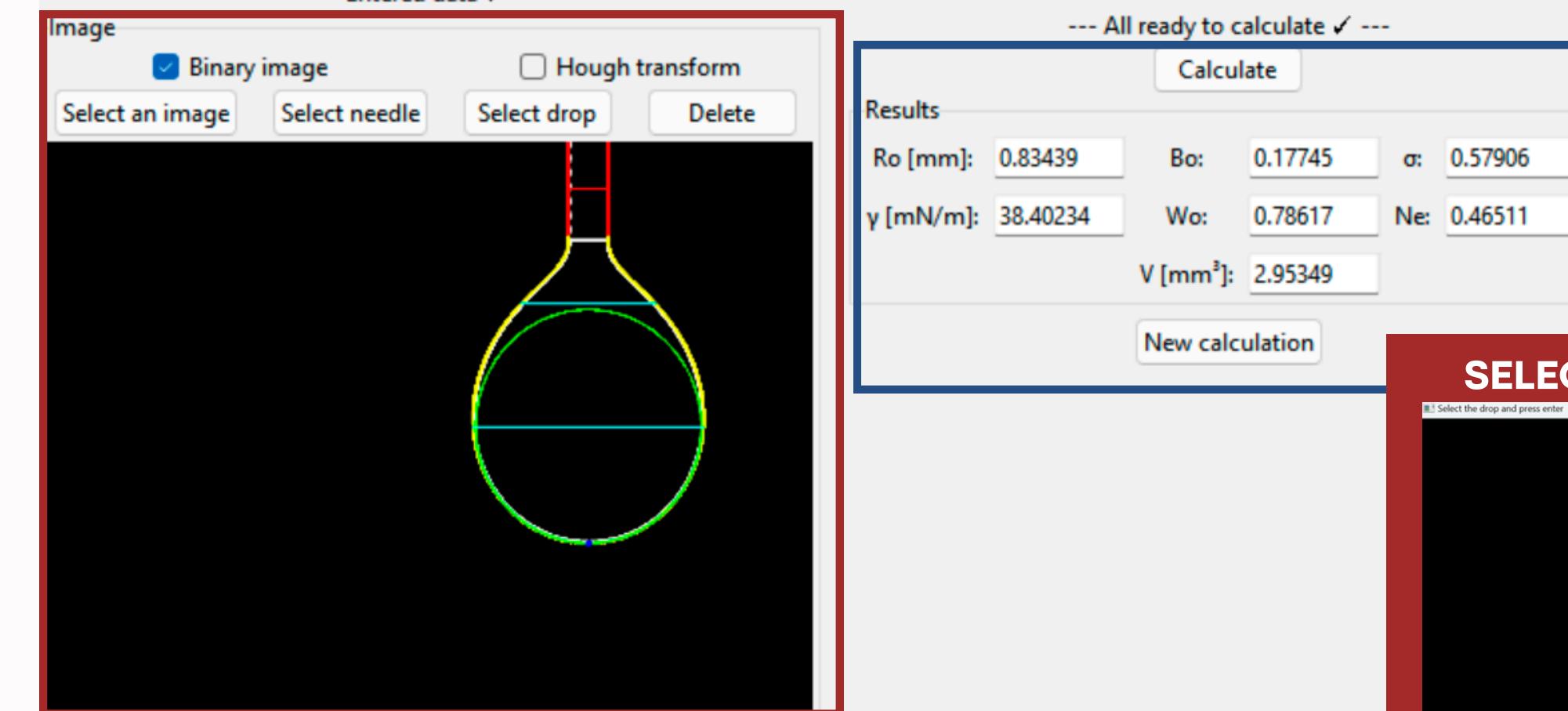
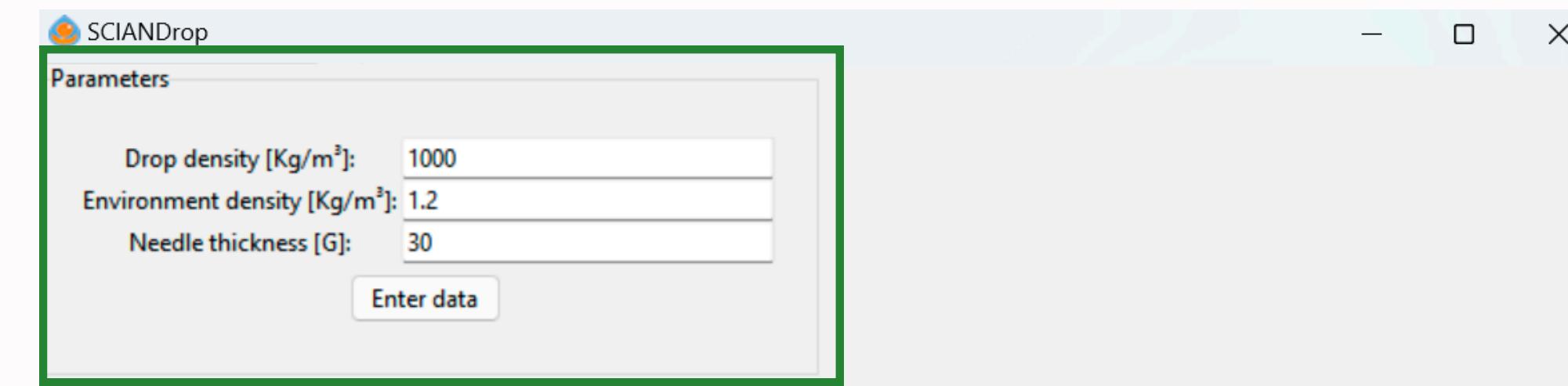


Figura 13: Esquema de la droplet
(O. Càmpas, 2014)

SCIAN-DROP

Acá se ingresan los parámetros



Se puede procesar antes o con el programa la imagen. Tiene dos formas de obtener el circulo de radio Ro.

Los resultados se muestran en esta sección, incluyendo distintos parámetros de interés

BIBLIOGRAFIA

- Lucio A., Ingber D., Campàs O., Generation of biocompatible droplets for in vivo and in vitro measurement of cell-generated mechanical stresses, cap. 20. Elsevier Inc., 2015, doi:10.1016/bs.mcb.2014.11.008.I
- Campàs O., Mammoto T., Hasso S., et al. Quantifying cell-generated mechanical forces within living embryonic tissues. *Nat Methods* 11, 2014, doi:10.1038/nmeth.2761
- Fricker J., “Cancer metastasis hijacks process healthy cells use to move around the body”, *Cancerworld*, 2022.