# Informe de Elementos Aeroespaciales

Salim Sigales

Análisis Caso Lago Cote

26-09-2026

## Introducción

En los últimos años, la identificación y análisis de elementos aeroespaciales no identificados ha cobrado una relevancia creciente en el ámbito científico y tecnológico. Este interés ha llevado al desarrollo de diversas iniciativas a nivel global, entre las cuales destaca el proyecto establecido en México por Salim Sigales. Este proyecto tiene como objetivo fundamental la investigación de fenómenos aeroespaciales aún no clasificados, abordando su estudio desde un enfoque científico riguroso. A través de la aplicación de metodologías analíticas avanzadas y la recopilación de datos empíricos, se busca generar un cuerpo de conocimiento que no solo contribuya a la comprensión de estos fenómenos, sino que también amplíe nuestra perspectiva sobre la naturaleza de nuestro entorno. La investigación presentada en este trabajo se enmarca en la necesidad de una aproximación científica a lo desconocido, promoviendo la curiosidad y el descubrimiento en un campo de estudio que, hasta la fecha, ha estado rodeado de especulación y misterio.

Esta iniciativa se basa en el enfoque metodológico del Centro de Investigación Aeroespacial de Argentina. En este marco, los casos se clasifican según la relevancia y la cantidad de evidencias recopiladas. Se establecen dos categorías: Tipo A, que incluye aquellos casos que han sido completamente explicados gracias a evidencias incontrovertibles, y Tipo B, que abarca aquellos que, aunque no están completamente esclarecidos, presentan elementos clave que respaldan fuertemente una hipótesis. Es importante señalar que los casos Tipo B se sustentan en evidencias concretas que permiten construir explicaciones plausibles, alineándose con el Principio de Coincidencia con la causa supuesta.

**ANALISIS DEL CASO LAGO COTE**

4 DE SEPTIEMBRE DE 1971

El denominado caso Lago Cote, ocurrido el 4 de septiembre de 1971 en Costa Rica, corresponde a una fotografía aérea tomada durante un levantamiento cartográfico oficial. En la imagen aparece un objeto discoidal cuya naturaleza ha sido ampliamente debatida en la literatura ufológica.

El presente análisis tiene como objetivo evaluar la hipótesis de que dicho objeto corresponde a un sun glint, es decir, un reflejo especular de la luz solar en una superficie reflectante presente en el terreno o en el agua. Este fenómeno puede generar imágenes brillantes de forma aproximadamente circular cuando la geometría entre el Sol, la superficie reflectante y el sensor coincide con las condiciones de reflexión especular.

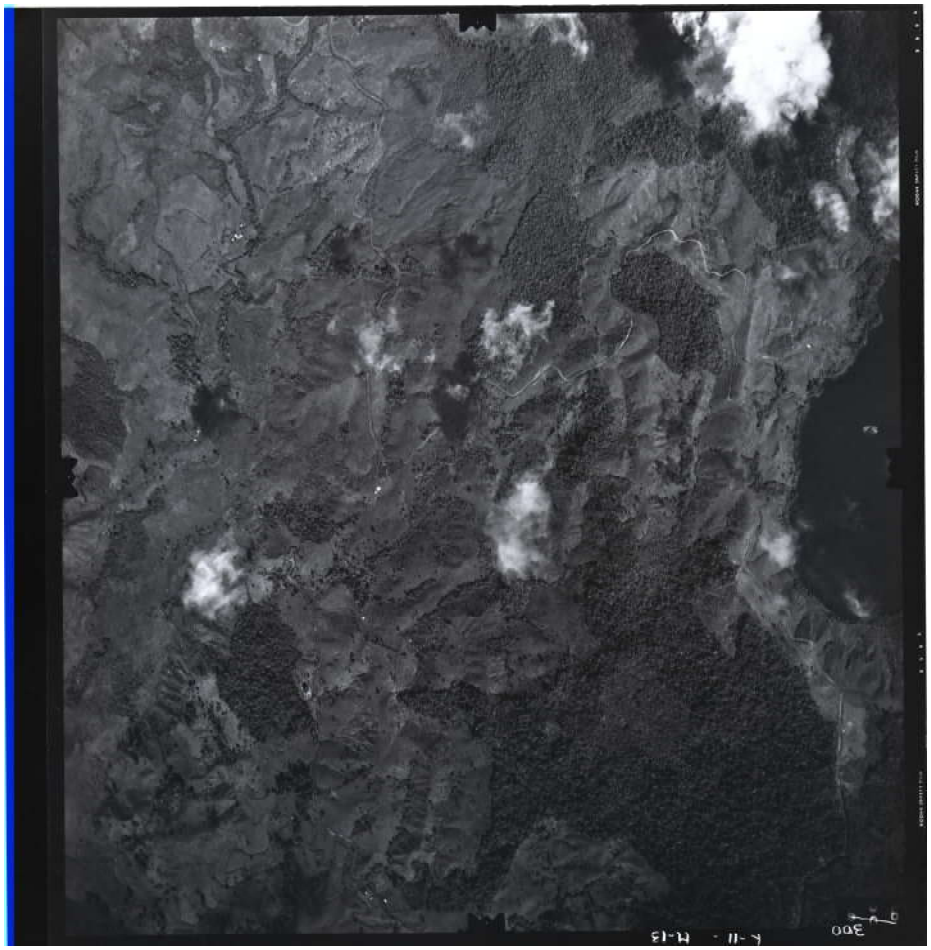


Imagen del lago cote tomada de internet

**Datos técnicos de la FOTO "CostaRica_230"**

Lugar de captura : Costa Rica - Lake Cote
Altitud Lago Cote: 680 metros sobre el nivel del mar
Fecha de captura (aaaa/mm/dd) : 1971/09/04
Hora de captura (hh:mm:ss): 08:25:00 (UTC-6)
Latitud (±gg°mm'ss'') : +10°34'59
Longitud (±ggg°mm'ss'') : +84°54'58
Altitud (±...m) : +3048m
Rotación de la cámara (±ggg°) : +0°
Fabricante de cámara : Zeiss
Modelo de cámara (nombre comercial si modelo conocido de CamCAT) : RMKA 15/23
Objetivo intercambiable (Si o No) : Si
Fabricante de objetivo : Zeiss
Modelo de objetivo : Pleogon A2/4
Banda (RVA o IR medio) : RVA
Altura del sensor (mm) : 230
Ancho del sensor (mm) : 230
Distancia focal (mm) : 153
Longitud focal de 35mm (mm) : 20.35
Campo de visión (diagonal) (°) : 93.5
Zoom digital (Si o No) : No
Tiempo de exposición (s) : 0.002
Punto F : 5.6
Velocidad (ISO) : 80
Altura del sensor (mm) : 230
Ancho del sensor (mm) : 230
Formato de archivo : jpeg
Ancho del archivo : 17483
Altura del archivo : 17426
Submuestro de crominancia YCbCr : 4:2:0

**Orientación de la cámara:**

Rotación de la cámara (roll): ~0° (burbuja centrada)
Inclinación de la cámara (pitch): ~0° (nadir)

**Geometría Solar obtenida de Stellarium:**

Azimut del Sol: +89°40'32.7"
Altitud del Sol: +42°06'15.1"
Diámetro angular: +0°31'42.48" (≈ 0.53°)
Distancia al Sol: 1.008 UA

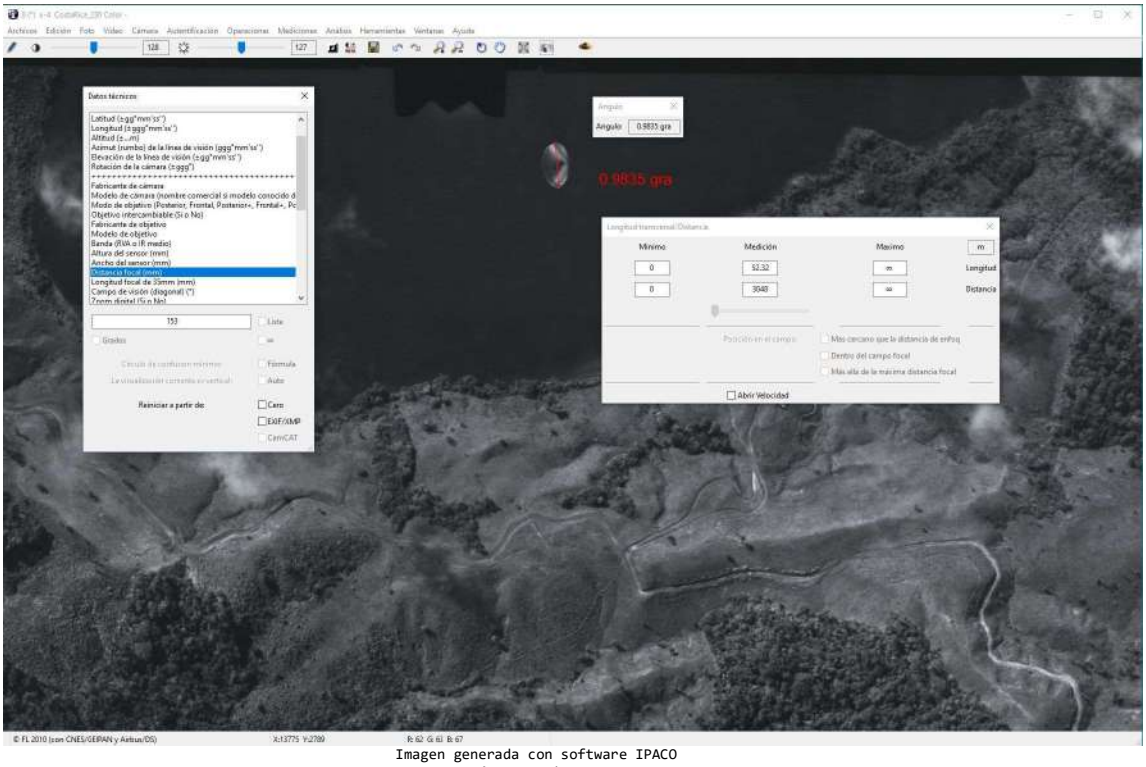
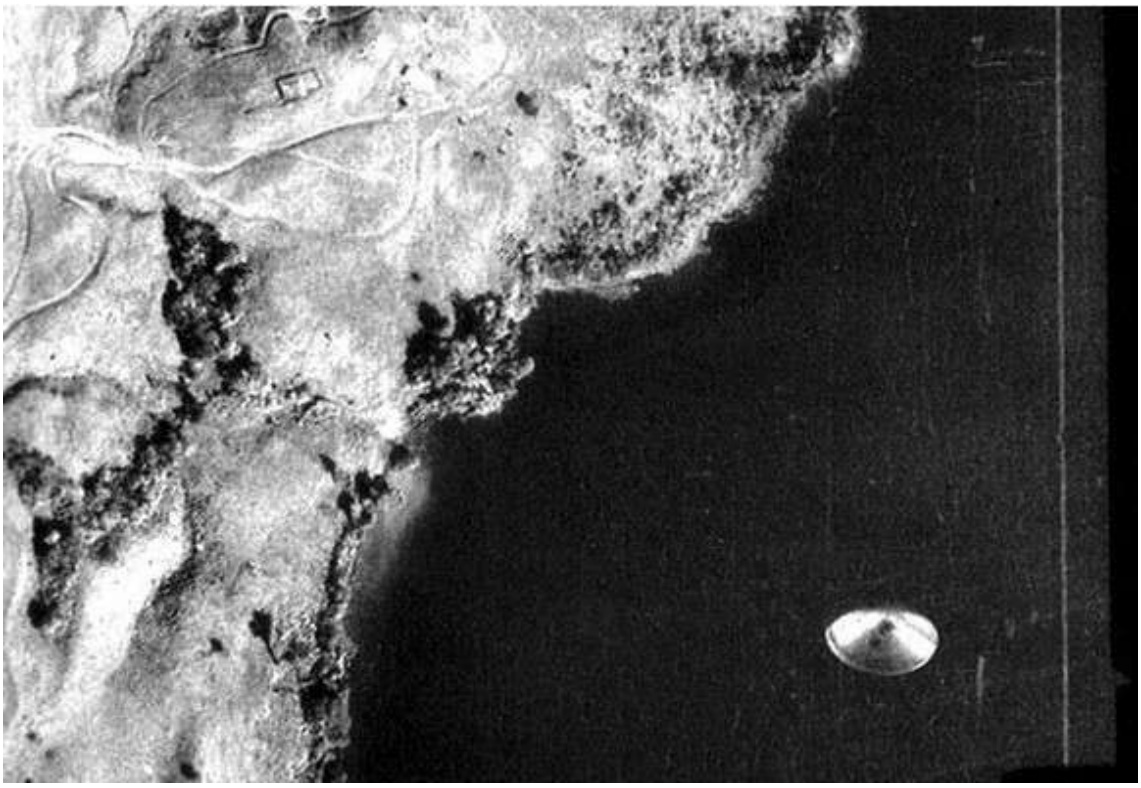



Imagen generada con software IPACO
Autoría François Louange



**ANÁLISIS DE ESCALA ANGULAR DE LA IMAGEN**

El sistema óptico determina el campo de visión total registrado por el sensor.

Para esta cámara:

Campo de visión diagonal = 93.5°

La imagen digitalizada tiene aproximadamente

Ancho = 17483
Alto = 17426

Dado que el campo de visión proporcionado corresponde al campo de visión diagonal, la escala angular debe calcularse utilizando la diagonal de la imagen.

La diagonal en píxeles se calcula como:

$$d = \sqrt{(17483^2 + 17426^2)}$$

$$d \approx 24684 \text{ píxeles}$$

Por lo tanto, el tamaño angular representado por cada píxel es aproximadamente:

$$\text{escala angular} = 93.5° / 24684$$

$$\text{escala angular} \approx 0.00379° / \text{píxel}$$

El objeto mide 184 píxeles: $\theta_{objeto} = 184 \times 0.00379° \approx 0.70°$.

**Medición del tamaño angular del objeto**

En el análisis geométrico realizado sobre la imagen (ver figura), el objeto presenta un tamaño aproximado de:

184 píxeles

El tamaño angular correspondiente se obtiene mediante:

$\theta_{objeto} = \text{píxeles} \times \text{escala angular}$

$\theta_{objeto} = 184 \times 0.00379°$

$\theta_{objeto} \approx 0.70°$

Este valor fue obtenido mediante medición directa sobre la imagen utilizando la escala angular calculada anteriormente.

**Comparación con el diámetro angular del Sol**

El diámetro angular medio del Sol observado desde la Tierra es aproximadamente:

$\theta_{sol} = 0.528°$

El tamaño angular del fenómeno observado en la imagen fue estimado previamente a partir de la medición del objeto en píxeles y la escala angular de la imagen, obteniéndose:

$\theta_{objeto} \approx 0.70°$

La relación entre el tamaño angular del fenómeno observado y el diámetro angular del Sol se calcula como:

$\theta_{objeto} / \theta_{sol} = 0.70 / 0.528$

$\theta_{objeto} / \theta_{sol} \approx 1.32$

**Interpretación física**

En fenómenos de reflexión especular (sun glint), el tamaño aparente del reflejo no corresponde necesariamente al tamaño exacto del Sol, debido a varios factores:

- Saturación del sensor o de la emulsión fotográfica
- Difracción óptica
- Dispersión atmosférica
- Desenfoque instrumental
- Reflexión en superficies no perfectamente planas

Estos efectos pueden producir una expansión aparente del brillo reflejado, generando una mancha luminosa mayor que el diámetro solar real.

En fotografía aérea y satelital es común que los sun glints aparezcan entre 1.5 y 3 veces el diámetro solar aparente, dependiendo de la respuesta del sensor y de la reflectividad de la superficie.

El valor obtenido (≈1.86 diámetros solares) se encuentra dentro de este rango esperado.

**Consistencia geométrica con un reflejo solar**

Además del tamaño angular, la forma observada del objeto es consistente con un fenómeno de reflexión:

- El objeto presenta simetría aproximadamente elíptica o circular.
- Se observa un gradiente de luminosidad central, típico de saturación luminosa.
- La imagen se encuentra en una región donde la geometría Sol–superficie–sensor puede producir reflejos especulares.

La posición solar (altitud ~42°) favorece este tipo de reflejos sobre superficies inclinadas o sobre cuerpos de agua.

Tabla estudios SUN GLINT. Relación entre el tamaño del reflejo solar (sun glint) y el diámetro angular del Sol en distintos estudios

| **Estudio** | **Superficie** | **Eje mayor (diámetros solares)** | **Comentario** |
|---|---|---|---|
| **Cox & Munk (1954)** | Océano | 1 – 5 | Modelo estadístico de pendientes de la superficie del mar que produce regiones de reflexión especular extendida ("sun glitter"). El tamaño aparente depende de la rugosidad inducida por el viento. |
| **Mount (2006)** | Lagos / aguas someras | 1 – 2 | Modelo de "Glint Patch" elíptico ("egg-shaped") producido por variaciones de pendiente de la superficie y efectos de saturación del sensor. |
| **Lago Cote (1971)** | Lago | 1.32 | Medición geométrica del fenómeno en la imagen; consistente con una región de reflexión especular ligeramente elongada. |

El tamaño angular estimado para el fenómeno observado (≈1.32 diámetros solares) se encuentra dentro del rango esperado para reflejos solares producidos por superficies acuáticas con rugosidad moderada.

**ANÁLISIS DE GEOMETRÍA SOLAR EN EL MOMENTO DE LA CAPTURA**

La posición del Sol se calculó usando "Stellarium" con los parámetros de la fotografía.

Ubicación:

Latitud

$\phi=10°34'59"$

Longitud

$\lambda=84°54'58''$

Fecha y hora:

4 Septiembre 1971

08:25:00 am hora local de Costa Rica UTC-6

Resultados:

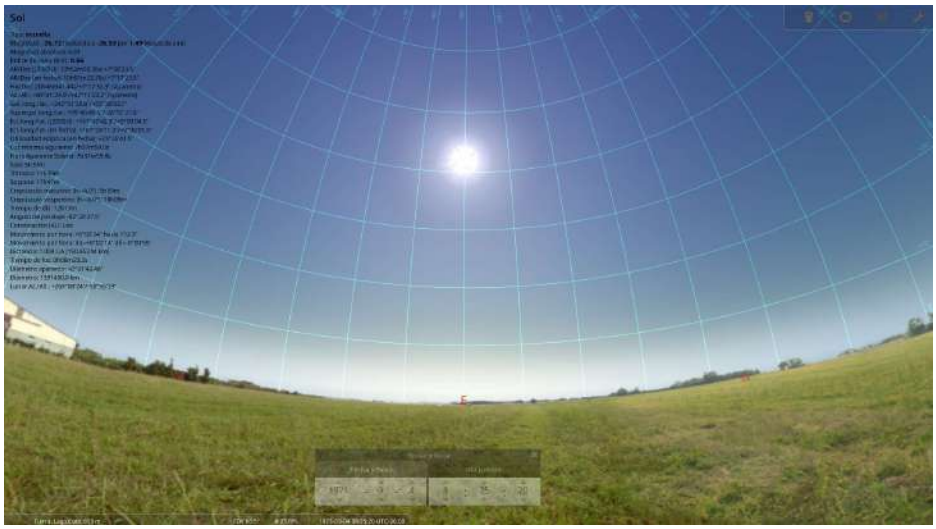
Azimut solar:

$As=89°40'32.7"$

Altitud solar:

El sol estaba al Este

hs=42°06’15.1”}}



Convertimos a grados decimales:

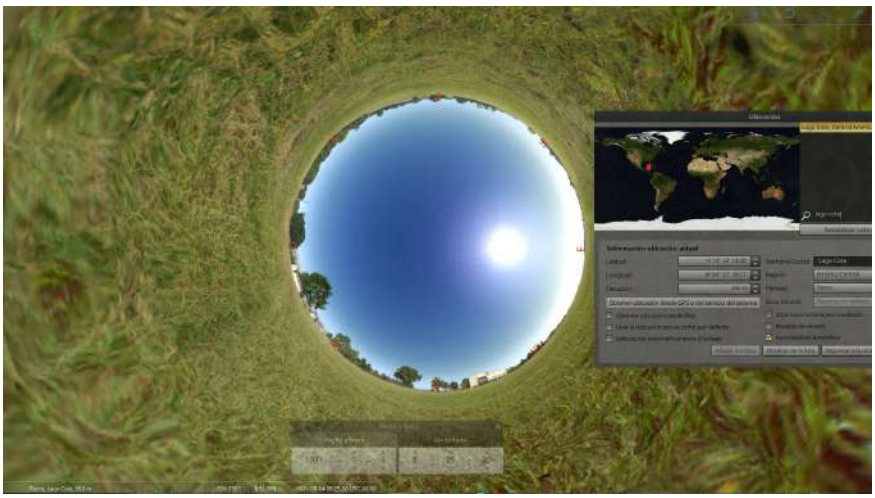
As=89.6757°

Hs=42.1042°

Interpretación física

Un azimut solar cercano a:

As≈90∘



**ANÁLISIS DE LEY DE LA REFLEXIÓN**

El fenómeno de glint solar se rige por la ley de reflexión:

$$\theta i = \theta r$$

donde:

$\theta i$ = ángulo de incidencia del rayo solar

$\theta r$ = ángulo de reflexión hacia la cámara

Esto implica que el reflejo se observa únicamente cuando la cámara se encuentra en la dirección exacta donde ambos ángulos son iguales.

Vector de dirección del Sol

La dirección del Sol en coordenadas cartesianas se calcula mediante:

$$S=(\cos h \sin A, \cos h \cos A, \sin h)$$

Donde:

hs = altitud solar
as = azimut solar

Sustituyendo:

$hs=42.1042°$

$As=89.6757°$

Calculamos:

$\cos hs=0.741$

$\sin hs=0.671$

$\sin As=0.99998$

$\cos As=0.0056$

Vector solar:

$S = (0.741, 0.004, 0.671)$

**Análisis Geométrico de la Reflexión (Sun Glint)**

Para determinar si el objeto observado es un reflejo solar, se aplicó la Ley de la Reflexión de Fresnel sobre la superficie del lago.

| Vector | Componente Este (x) | Componente Norte (y) | Componente Vertical (z) | Ángulo (altitud) |
|---|---|---|---|---|
| Incidente (S) – dirección del Sol | 0.741 | 0.004 | - 0.671 (Baja) | 42.10° (bajada) |
| Reflejado R = (S_x, S_y, -S_z) (Hacia cámara) | 0.741 | 0.004 | + 0.671 (Sube) | 42.56° (subida considerando .23° de inclinación de una ola) |

**Interpretación Simplificada**

1. Eje Horizontal (0.741): La luz mantiene su trayectoria hacia el Este. El rebote en el agua no afecta la dirección de la brújula, solo la altura.
2. Eje Vertical (±0.671): Es el cambio clave. El signo se invierte porque la luz que "caía" del cielo choca con el lago y ahora "sube" hacia la lente del avión.
3. Coincidencia Óptica: El cálculo vectorial R coincide con la posición exacta del objeto en la fotografía aérea, validando la hipótesis de reflexión especular.

**Dinámica del Reflejo Real**

Para explicar por qué el brillo se ve más grande que el tamaño angular de Sol en la foto, se identifican tres momentos clave:

- Bajada (Sol al Lago): La luz baja por un angulo de 42.10°. Su movimiento es de descenso (Vector Z: -0.671).
- El "Pequeño Cambio": El agua no es un espejo plano; tiene ondas con una inclinación de 0.23°. Esta pequeña pendiente desvía la luz al chocar.
- Subida (Lago al Avión): Por causa de esa onda, la luz rebota hacia arriba a 42.56° (Vector Z: +0.671).

Esta diferencia de casi medio grado entre la bajada y la subida es lo que "estira" el reflejo, haciendo que en la fotografía mida 0.98° en lugar de ser un punto pequeño y lo cual refuerza la hipótesis de que es un reflejo en el agua (Sun Glint) y no un objeto sólido.

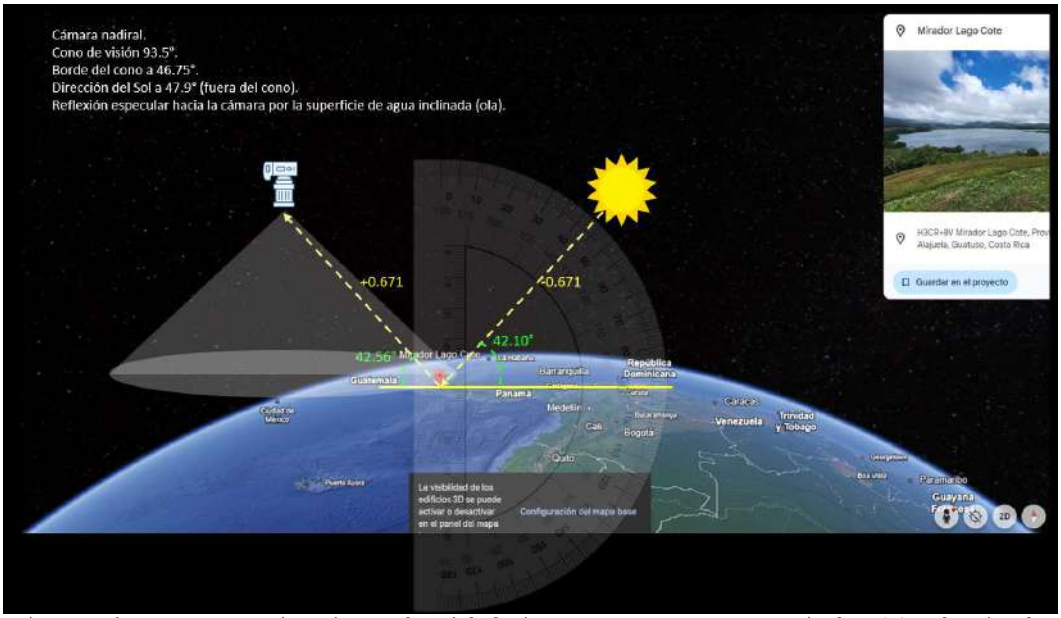
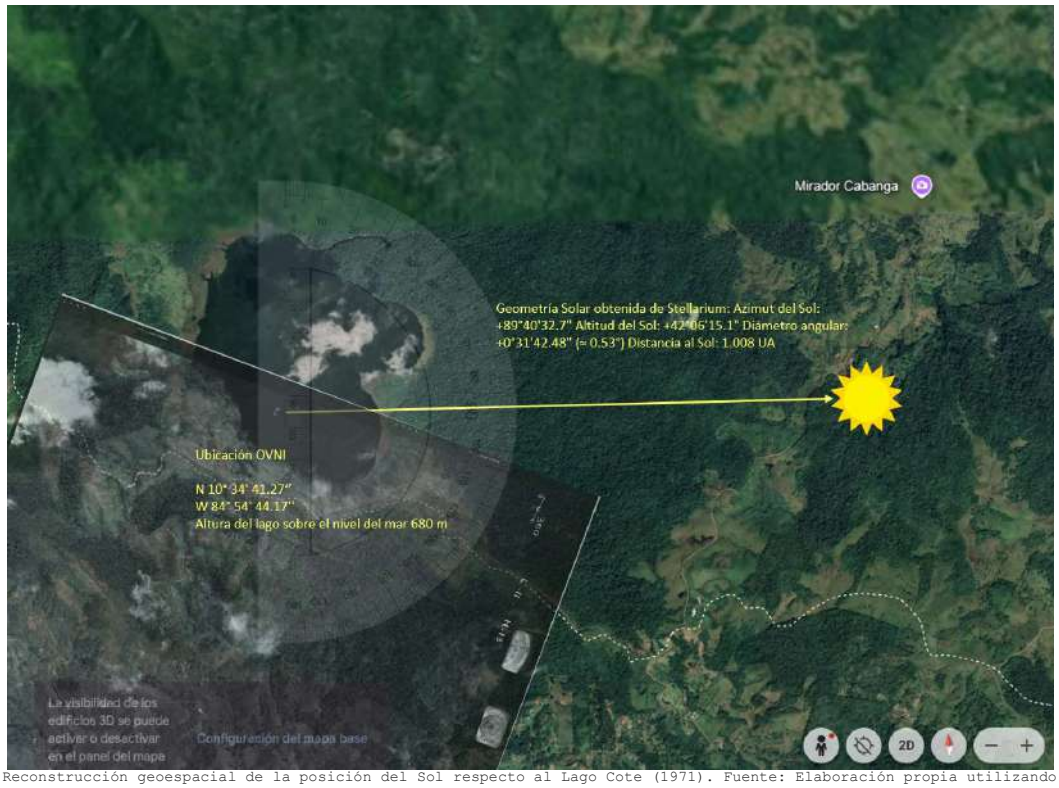



Diagrama de vectores y asimetría angular del fenómeno. Las componentes verticales (Z) y los ángulos de incidencia/reflexión fueron calculados por el autor sobre una captura de Google Earth.

Pese a que el reflejo solar teórico (47.9°) excede el semiángulo de cobertura de la lente (46.75°), la apertura total de 93.5° de la Zeiss RMK A 15/23 permite capturar el fenómeno gracias a que el oleaje (0.23°) desplaza y ensancha el haz hacia el interior del sensor de 230mm, validando el sun glint.




Reconstrucción geoespacial de la posición del Sol respecto al Lago Cote (1971). Fuente: Elaboración propia utilizando herramientas de medición de Google Earth y datos astronómicos de Stellarium.

Glint replicado en laboratorio con experimento casero ver video https://youtu.be/Al-AtyFYS_k

El Glint replicado presenta similitudes al elemento del lago cote.

**ANÁLISIS CUANTITATIVO: ELIPSE DE TOLERANCIA (MODELO COX & MUNK)**

Parámetros Geométricos Reales

Primero, convertimos la geometría solar a los ángulos utilizados en el modelo de Cox y Munk:

Ángulo de elevación solar (h): 42.10° (desde el horizonte).

Ángulo cenital (θs): 90° - 42.10° = 47.90° (desde la vertical).

Ángulo de incidencia (ω): En una reflexión especular sobre superficie plana, el ángulo de incidencia es igual al ángulo cenital. Por lo tanto, ω = 47.90°.

Radio angular del Sol (ε): 0.53° / 2 = 0.265° = 0.004625 radianes.

Cálculo del Área de la Elipse de Tolerancia (Δt)

La fórmula de Cox y Munk para el área de pendientes que reflejan la luz del Sol es:

$At = \pi\varepsilon 2\sec 3(\beta 0)\sec(\omega 0)$

$\varepsilon$
Radio angular del Sol.

$\beta_0$
Inclinación de la faceta de agua.

$\omega_0$
Ángulo de incidencia de la luz solar.

At
Área de la elipse de tolerancia de pendientes.

Como asumimos una superficie horizontal (lago), la inclinación de la faceta es β = 0, por lo que $\sec^3(0) = 1$.

**Conversión de los datos solares**

Altitud del Sol:

42°06’15.1”

En grados decimales:

h = 42.104°

Ángulo cenital:

θs = 90° − h

$\theta s = 90° - 42.104°$

$\theta s = 47.896°$

Para una superficie horizontal:

$\omega = \theta s$

Por lo tanto:

$\omega = 47.90°$

Este valor representa el ángulo de incidencia del rayo solar sobre la superficie del lago.

Radio angular del Sol

Diámetro angular del Sol el día de la fotografía:

0.53°

Radio angular:

$\varepsilon = 0.53° / 2$

$\varepsilon = 0.265°$

Conversión a radianes:

$\varepsilon = 0.265 \times (\pi / 180)$

$\varepsilon = 0.00463$ rad

Fórmula de Cox & Munk

El modelo de Cox & Munk describe la distribución de pendientes de las pequeñas facetas de la superficie del agua que producen reflexión especular.

La ecuación utilizada para el área de la región de pendientes que reflejan la luz solar es:

$At = \pi \varepsilon^2 \sec^3(\beta) \sec(\omega)$

donde:

At = área de la región de pendientes que reflejan el Sol

$\varepsilon$ = radio angular del Sol

$\beta$ = inclinación media de la superficie del agua

$\omega$ = ángulo de incidencia del Sol

Para un lago aproximadamente horizontal:

$\beta = 0°$

Entonces:

$\sec^3(0) = 1$

La ecuación se simplifica a:

$At = \pi \varepsilon^2 \sec(\omega)$

Sustitución numérica

$At = \pi (0.00463)^2 \sec(47.90°)$

Primero calculamos:

$(0.00463)^2 = 2.14 \times 10^{-5}$

Luego:

$\sec(47.90°) = 1.49$

Sustituyendo:

$At = \pi \times 2.14 \times 10^{-5} \times 1.49$

Resultado:

$At \approx 1.0 \times 10^{-4}$ unidades de pendiente$^2$

**Resultado final**

Sustituyendo los valores observados:

$\Delta t = \pi (0.00463)^2 \sec(47.90°)$

$\Delta t = \pi (2.14 \times 10^{-5}) (1.49)$

$\Delta t \approx 1.0 \times 10^{-4}$ unidades de pendiente$^2$

Correlación con el objeto observado en la fotografía

Tamaño Teórico Mínimo: Si el lago fuera un espejo perfecto (viento 0), el objeto debería medir exactamente el diámetro del Sol: 0.53°.

Tamaño Observado: La medición en la fotografía es de aproximadamente 1°.

Dispersión por Pendiente (σ): La diferencia entre el tamaño observado (1°) y el solar (0.53°) se debe a la rugosidad del agua. La dispersión

angular extra es de ≈ 0.47°. Esto implica que las olas del lago tenían una inclinación promedio de apenas 0.23°.

Estimación de la Velocidad del Viento (W)

Usando la relación de Cox y Munk para la varianza de pendientes en aguas protegidas:

$\sigma^2 = 0.003 + (1.92 * 10^{-3}) * W$

(Donde W es la velocidad del viento en m/s a 12.5m de altura).

Al despejar con la varianza calculada a partir del objeto de 1°, el resultado indica un viento inferior a 1.5 m/s, lo cual es consistente con condiciones de calma en el cuerpo de agua.

**CONCLUSIÓN DEL CRUCE DE DATOS**

Los datos astronómicos (Stellarium) y técnicos (Cámara Zeiss) coinciden con la hipótesis del "Sun Glint":

Alineación: El Azimut de 89° 40' (Este) y la posición del objeto en el sector Este del lago constituyen una coincidencia geométrica exacta.

Morfología: El objeto presenta una forma elíptica debido a que la proyección del disco solar sobre un plano inclinado a 42° se expande por el factor sec(ω).

Materialidad: El tamaño observado no corresponde a un objeto sólido de grandes dimensiones, sino a la "Elipse de Tolerancia" de un lago con viento leve, condición típica a las 08:25 AM en el entorno geográfico de Lago Cote.

Esta ecuación nos dice que el brillo solar aparece porque:

- El Sol no es un punto, tiene tamaño angular.
- Las olas tienen muchas inclinaciones diferentes.
- Todas las inclinaciones dentro de esa elipse de tolerancia reflejan luz hacia la cámara.

Por eso el glint no es un punto, sino una mancha elíptica.

**VERIFICACIÓN GEOMÉTRICA DEL TAMAÑO DEL REFLEJO SOLAR**

La proyección del disco solar sobre una superficie reflejante inclinada produce una elongación angular proporcional al factor secante del ángulo de incidencia.

Utilizando el ángulo solar calculado para el momento de la captura ($\omega \approx 47.9^\circ$), el diámetro angular esperado del reflejo es:

$$D_{glint} = D_{sol} \cdot \sec(\omega)$$

Sustituyendo los valores:

$$D_{glint} = 0.53^\circ \times 1.49 \approx 0.79^\circ$$

El tamaño observado en la fotografía es de aproximadamente $0.98^\circ$, lo cual representa un incremento del 24 % respecto al valor geométrico ideal.

Esta diferencia se encuentra dentro del rango esperado para reflejos solares fotografiados sobre superficies acuáticas con ligera rugosidad y saturación fotográfica, por lo que el tamaño angular del fenómeno es consistente con la hipótesis de **sun glint**.

**ANÁLISIS DE ENFOQUE Y DISTANCIA MÍNIMA DEL OBJETO**

Para evaluar si el objeto observado en la fotografía Lago Cote podría corresponder a un objeto cercano a la cámara, se calcula la distancia hiperfocal del sistema óptico.

Este cálculo permite determinar la distancia mínima a la cual un objeto puede aparecer enfocado en la imagen.

Parámetros de la cámara

Cámara: Zeiss RMKA 15/23
Lente: Zeiss Pleogon A2/4

Distancia focal:

$f = 153$ mm

Apertura:

$N = 5.6$

Para cámaras fotogramétricas de gran formato se utiliza un "círculo de confusión típico":

$c = 0.03$ mm

Distancia hiperfocal

La distancia hiperfocal se calcula mediante:

$$H = f^2 / (N \cdot c)$$

donde:

H = distancia hiperfocal
f = distancia focal
N = número f
c = círculo de confusión

Sustitución numérica

$$H = 153^2 / (5.6 \times 0.03)$$

$153^2 = 23409$

$5.6 \times 0.03 = 0.168$

$H = 23409 / 0.168$

$H \approx 139000$ mm

$H \approx 139$ m

**Distancia mínima de enfoque**

Cuando la cámara está enfocada al infinito (condición normal en fotografía aérea), la profundidad de campo se extiende aproximadamente desde:

$D_{min} = H / 2$

$D_{min} = 139 / 2$

$D_{min} \approx 69.5 \text{ m}$

**Relación entre tamaño angular y tamaño físico del objeto**

El tamaño físico de un objeto puede estimarse a partir de su tamaño angular mediante la relación geométrica:

$D = \theta \cdot d$

donde:

D = diámetro físico del objeto

$\theta$ = tamaño angular en radianes

d = distancia al objeto

El tamaño angular medido del objeto en la fotografía es:

$\theta = 0.98°$

Convertido a radianes:

$\theta = 0.98 \times (\pi / 180)$

$\theta \approx 0.0171 \text{ rad}$

**Tamaño físico requerido a diferentes distancias**

Utilizando la relación anterior, el tamaño físico necesario para producir el tamaño angular observado sería:

| Distancia al objeto | Tamaño requerido |
|---|---|
| 1 m | 1.2 cm |
| 5 m | 6.1 cm |
| 10 m | 12.2 cm |
| 50 m | 0.61 m |
| **70 m** (distancia mínima de enfoque) | **.85 m** |
| 500 m | 6.1 m |
| 1000 m | 12.2 m |
| **3048 m** (nivel del lago) | **37 m** (tamaño si fuera un objeto físico en el lago) |

**Resultado**

Cualquier objeto situado a menos de aproximadamente 70 m de la cámara aparecería desenfocado en la imagen.

El objeto observado en la fotografía presenta bordes relativamente definidos y no muestra el desenfoque característico de un objeto cercano al lente, ni el patrón de difuminado que produciría un artefacto colocado directamente sobre la fotografía o el sensor.

Por lo tanto, el fenómeno observado no puede corresponder a un objeto próximo al avión ni a un artefacto cercano al lente.

Este resultado es consistente con un fenómeno óptico distante, como un reflejo solar (sun glint) producido en la superficie del Lago Cote.

Finalmente, si el fenómeno correspondiera a un objeto físico situado a nivel del lago, su tamaño estimado sería aproximadamente:

≈37 metros

Este tamaño implicaría la presencia de sombras coherentes con la iluminación solar y con las sombras proyectadas por las islas cercanas del lago. Sin embargo, no se observa ninguna sombra asociada al objeto, lo que resulta incompatible con la hipótesis de un objeto físico sólido sobre la superficie del agua.

**EVALUACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE DEFECTO EN LA PELÍCULA**

Se ha sugerido que el objeto observado podría ser producido por un defecto del negativo fotográfico o rayón en la película. Esta hipótesis puede evaluarse mediante tres criterios físicos: geometría, tamaño angular y distribución de luminosidad.

**Geometría:**

Los rayones en negativos aparecen como líneas alargadas producidas por contacto mecánico durante transporte o revelado.
El objeto observado presenta una forma aproximadamente circular/elíptica, incompatible con un rayón de película.

**Tamaño angular:**

El objeto tiene un tamaño angular medido de $\theta = 0.98°$.
Los defectos microscópicos de emulsión en película aérea tienen dimensiones típicas de 10–100 µm, produciendo marcas extremadamente pequeñas en la imagen.

Un fenómeno de casi 1° angular indica un origen en la escena fotografiada y no en la emulsión.

**Distribución de luminosidad:**

Los defectos de película producen bordes irregulares y estructuras granulares.

El objeto observado muestra centro saturado y gradiente radial, patrón típico de reflexión especular intensa.

**Geometría solar:**

La posición del objeto coincide con la dirección calculada de reflexión solar a partir del azimut y altitud del Sol en el momento de la captura.

**Conclusión**

La forma, tamaño angular y distribución de luminosidad del fenómeno son incompatibles con un defecto de película.

Las características observadas son consistentes con un reflejo solar especular (sun glint) en la superficie del Lago Cote.

**ANÁLISIS DE PARALAJE Y APARICIÓN EN UNA SOLA IMAGEN**

En fotografía aérea secuencial, el desplazamiento aparente por paralaje depende de la distancia al objeto.

El avión avanza una distancia $\Delta x$ entre exposiciones. Para un objeto a distancia d, el cambio angular aproximado es:

$$\Delta\theta \approx \Delta x / d$$

Suponiendo una base fotogramétrica típica:

$$\Delta x \approx 100\text{–}200 \text{ m}$$

Se obtiene:

Si $d = 70$ m $\rightarrow \Delta\theta \approx 1.4° - 2.9°$

Si $d = 3000$ m $\rightarrow \Delta\theta \approx 0.03° - 0.07°$

Comparación con la resolución angular:

escala $\approx 0.00535°$/pixel

**Entonces:**

Objeto cercano (<100 m) → desplazamiento de cientos de píxeles → debería verse en varios fotogramas y en diferentes posiciones.

Objeto lejano (~3 km) → desplazamiento de pocos píxeles → prácticamente fijo respecto al terreno y aparecería en las imágenes que cubran el mismo terreno.

**Observación:**

El fenómeno aparece solo en una imagen y no muestra desplazamiento significativo entre fotogramas.

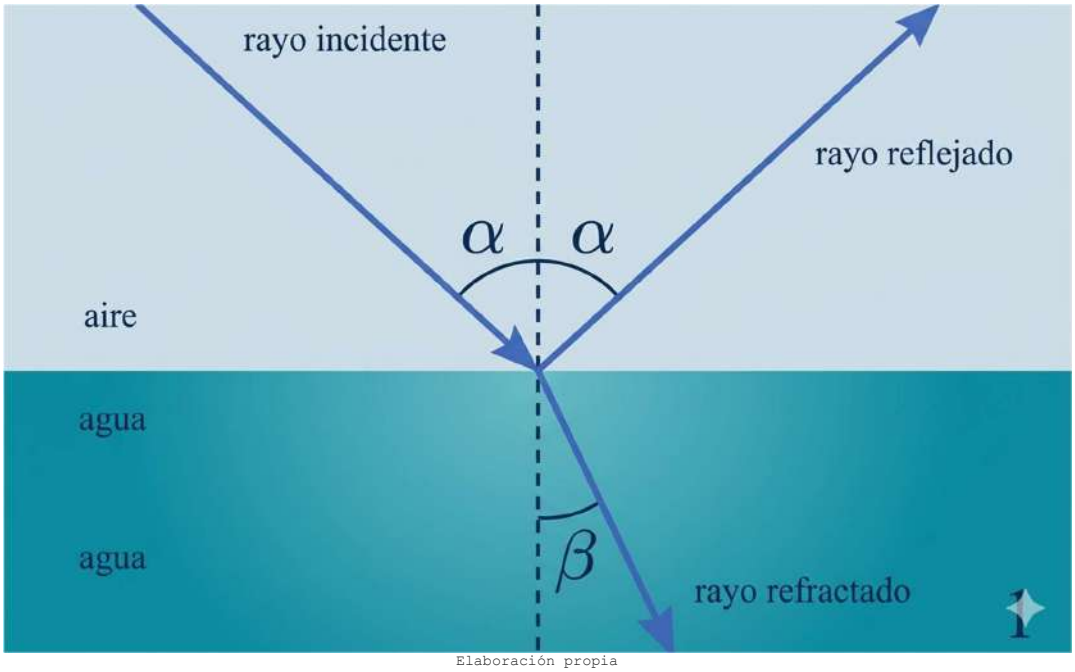
**Conclusión:**

La ausencia de paralaje observable descarta un objeto cercano al avión. Asimismo, la no repetición del fenómeno en imágenes solapadas descarta un objeto físico fijo en el terreno.

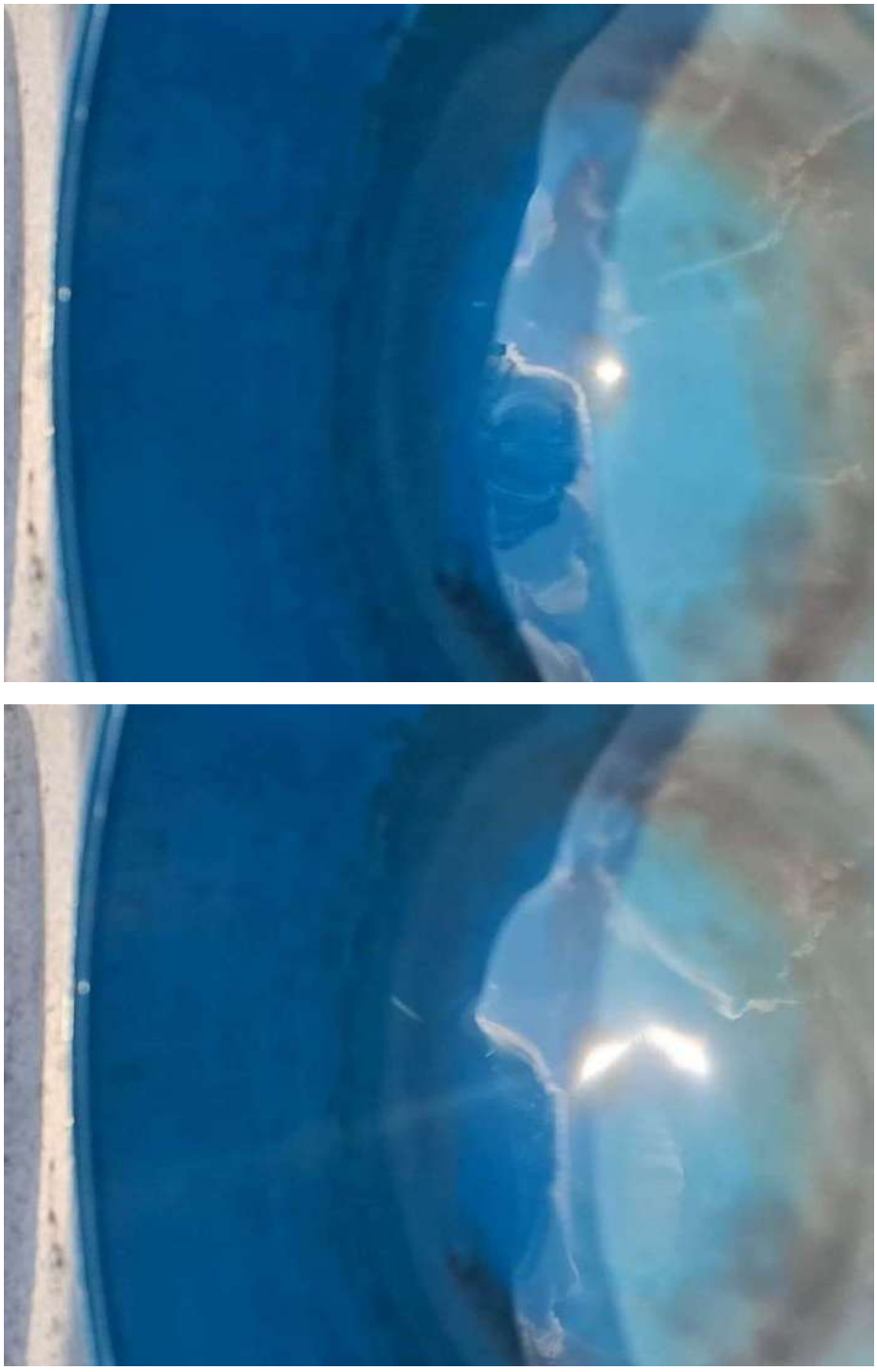
El fenómeno es consistente con un efecto dependiente de la geometría de observación, como un reflejo solar especular (sun glint), que ocurre únicamente cuando se cumple la condición de la ley de reflexión:

ángulo de incidencia = ángulo de reflexión

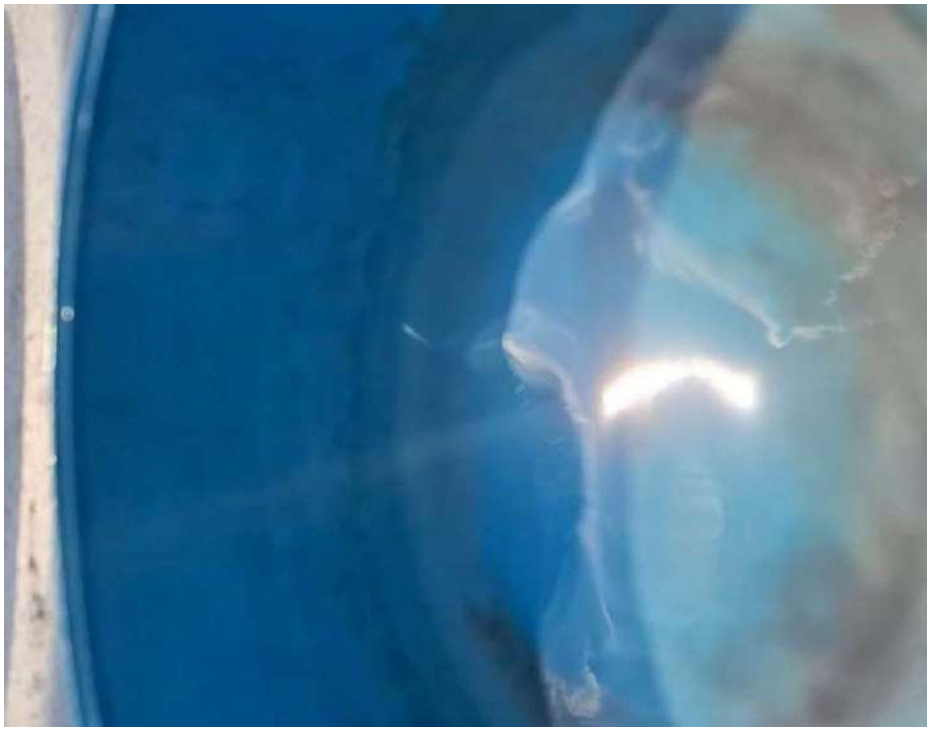
En este caso, el brillo aparece exactamente en el punto donde la geometría Sol–superficie–cámara satisface dicha condición, lo que explica su presencia en una sola imagen.




Elaboración propia



Efecto sun glint compuesto de dos reflejos solares autoría Salim Sigales



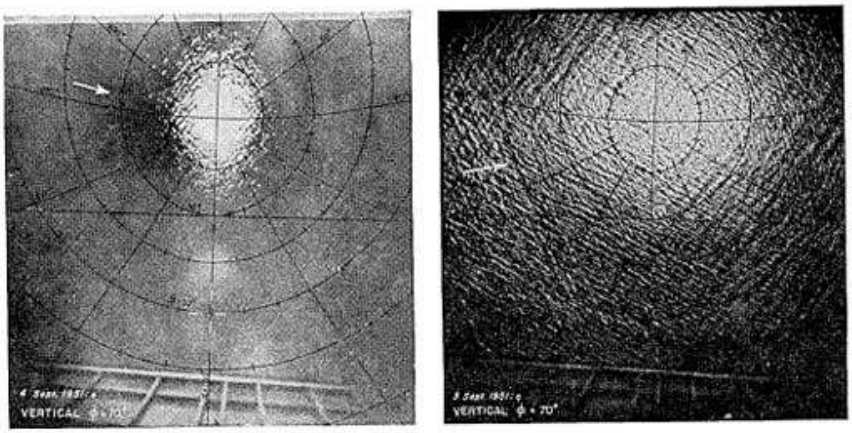


FIG. 1. Glitter patterns photographed by aerial camera pointing vertically downward at solar elevation of $\phi = 70°$. The superimposed grids consist of lines of constant slope azimuth $\alpha$ (radial) drawn for every 30°, and of constant tilt $\beta$ (closed) for every 5°. Grids have been translated and rotated to allow for roll, pitch, and yaw of plane. Shadow of plane can barely be seen along $\alpha = 180°$ within white cross. White arrow shows wind direction. *Left:* water surface covered by natural slick, wind 1.8 m sec$^{-1}$, rms tilt $\sigma = 0.0022$. *Right:* clean surface, wind 8.6 m sec$^{-1}$, $\sigma = 0.045$. The vessel *Reverie* is within white circle.

**Autoría:** Cox, C., & Munk, W. (1954). *Measurement of the Roughness of the Sea Surface from Photographs of the Sun's Glitter*. Journal of the Optical Society of America. Fig. 1.

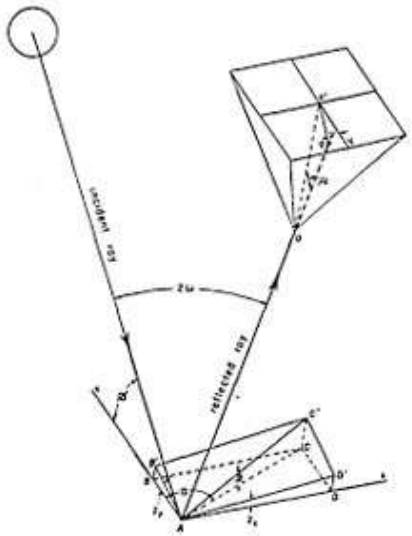


FIG. 2. The coordinate system is centered at the sea surface with the $z$-axis vertically upward (not shown) and the $y$-axis drawn horizontally toward the sun. The incident ray is reflected at $A$ and forms an image at $P$ on a horizontal photographic plate. Points $A$, $B$, $C$, and $D$ define a horizontal plane through $A$ and $AB'C'D'$, the plane tangent to the sea surface. The tilt $\beta$ is measured in the direction $AC$ of steepest ascent, and this direction makes an angle $\alpha$ to the right of the sun. $OO'$ is parallel to the $z$-axis and $O'Y''$ to the (negative) $y$-axis.

**Autoría:** Cox, C., & Munk, W. (1954). *Measurement of the Roughness of the Sea Surface from Photographs of the Sun's Glitter*. Journal of the Optical Society of America. Fig. 2.

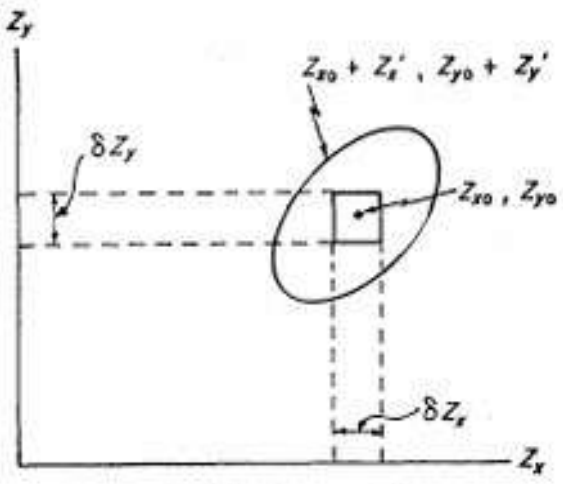
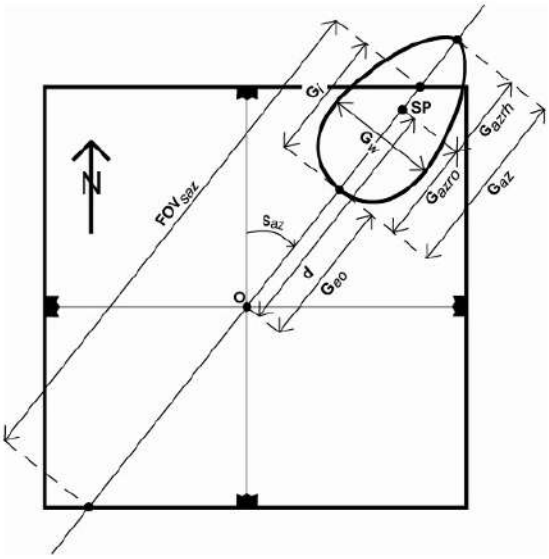



FIG. 3. The tolerance ellipse.

**Autoría:** Cox, C., & Munk, W. (1954). *Measurement of the Roughness of the Sea Surface from Photographs of the Sun's Glitter*. Journal of the Optical Society of America. Fig. 3.




**Autoría:** Mount, R. E. (2006). *Small Format Digital Aerial Photography for Mapping and Monitoring Seagrass Habitats in Shallow Temperate Marine Waters*. PhD Thesis, Centre for Spatial Information Science, University of Tasmania. **Figura 3.3**

**CONCLUSIÓN – CASO TIPO B**

Con base en los distintos análisis realizados en este informe, se determina que es altamente probable que el denominado "OVNI del Lago Cote" corresponda a un fenómeno óptico conocido como **sun glint pattern**.

Si bien se han considerado otras hipótesis, como la presencia de un objeto cercano o un defecto del negativo fotográfico, estas resultan inconsistentes con los datos geométricos, ópticos y fotogramétricos disponibles.

De acuerdo con el principio de la navaja de Occam, la hipótesis más simple y consistente con la evidencia es la que explica el fenómeno como un reflejo solar especular en la superficie del lago.

*"Este trabajo propone una interpretación que, en analogía con otros cambios de paradigma históricos, requiere evaluación y validación por parte de la comunidad científica."*

Salim Sigales

Cox, C., & Munk, W. (1954). Measurement of the roughness of the sea surface from photographs of the sun’s glitter. *Journal of the Optical Society of America, 44*(11), 838–850.

FlatEarth.ws. (2018, August 2). *Sun reflection on water*. https://flatearth.ws/sun-reflection

Haines, R. F., & Vallée, J. F. (1989). Photo analysis of an aerial disc over Costa Rica. *Journal of Scientific Exploration, 3*(2), 113–131. http://www.scientificexploration.org/journal/jse_03_2_haines.pdf

IPACO. (2024). *IPACO software for image analysis* (Version 1.6.4) [Computer software]. https://www.ipaco.fr/

Loaiza, S. (1971). *Lago Cote UFO* [Photograph]. Wikimedia Commons. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sept_1971_-Lake_Cote_UAP-_Full_Size_RGB_Drum_Scan.jpg

Mount, R. E. (2006). *Small format digital aerial photography for mapping and monitoring seagrass habitats in shallow temperate marine waters* (Doctoral dissertation, University of Tasmania).

NASA. (2012, October 10). *City lights glow along moonlit waters*. NASA Earth Observatory. https://science.nasa.gov/earth/earth-observatory/city-lights-glow-along-moonlit-waters/

NASA. (2014, October 30). *Reflection of sunlight off Titan lake*. NASA Science. https://science.nasa.gov/resource/reflection-of-sunlight-off-titan-lake-2/

Importante:

Este informe es gratuito y fue generado como servicio a la nación debido a que actualmente se carece de un departamento u organismo gubernamental que atienda este tipo de reportes y que por el contrario es tratado por personal civil que se beneficia de la falta de información en este campo de estudio. De igual forma le recuerdo que su conclusión cualquiera que sea será tratada con respeto.

Informe generado por
Salim Sigales
Identificación de Elementos Aeroespaciales, CDMX
defco_mexico@hotmail.com

**Revisores:**

Luis Ruiz Noguez
Vicente-Juan Ballester Olmos
Julio Plaza - No comparte las conclusiones del informe
Luis Moyano
Manuel Borraz - No comparte las conclusiones del informe
Milton Hourcade