

Dugesiana, Año 29, No. 2, (julio-diciembre, segundo semestre 2022), es una publicación semestral, editada por la Universidad de Guadalajara, a través del Centro de Estudios en Zoología, por el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Camino Ramón Padilla Sánchez # 2100, Nextipac, Zapopan, Jalisco, Tel. 37771150 ext. 33218, <http://148.202.248.171/dugesiana/index.php/DUG/index>, [glenusmx@gmail.com](mailto:glenusmx@gmail.com). Editor responsable: José Luis Navarrete-Heredia. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo 04-2009-062310115100-203, ISSN: 2007-9133, otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: José Luis Navarrete-Heredia, Editor y Ana Laura González-Hernández, Asistente Editorial. Fecha de la última modificación 20 de julio de 2022.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad de Guadalajara.

## Estilos y virtudes epistémicas en la representación esquemática de un sistema de caracteres: un ensayo sobre el exochorion de Papilionoidea (Insecta: Lepidoptera)

### Epistemic virtues and styles in the schematic representation of a character system: an essay on the exochorion of Papilionoidea (Insecta: Lepidoptera)

Adrián Flores-Gallardo<sup>1,2</sup>, Jorge Llorente-Bousquets<sup>1,\*</sup>, Sandra Nieves-Uribe<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Museo de Zoología (Entomología), Departamento de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 04510, CDMX, México. <sup>2</sup>Posgrado en Filosofía de la Ciencia, Universidad Nacional Autónoma de México, México. <sup>3</sup>Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

<sup>2</sup>emileusher@hotmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3144-163X>

<sup>3</sup>s.nieves.uribe@outlook.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6497-9639>

\*Autor de correspondencia: [llorentebousquets@gmail.com](mailto:llorentebousquets@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0876-0533>

#### RESUMEN

Se ofrece un marco epistemológico al evaluar la científicidad de las imágenes exocoriónicas de Llorente-Bousquets y cols., entendidas como representaciones esquemáticas de un sistema de caracteres morfológicos. Las imágenes se evalúan en la intersección de dos unidades de análisis: estilos y virtudes epistémicas. Se analizan según: i) tres estilos: quirografía, fotografía y microscopía electrónica de barrido (MEB); ii) cuatro virtudes: Fidelidad con la Naturaleza (TtN), Objetividad Mecánica (MO), Objetividad Estructural (SO) y Juicio Entrenado (TJ). Se ubican dos subestilos de quirografía: descriptivo-realista y ‘esquema letrado’. Se interpreta al esquema como *característica universalis*, conceptografía o representación directa de conceptos morfológicos, de los que aporta conocimiento *a priori*. Se analiza y evalúa la científicidad del proceso productivo de imágenes a través del modelo de virtudes epistémicas y se propone una versión extendida del mismo (D&G+).

**Palabras claves:** virtudes epistémicas, diagrama, estados de caracteres, morfología, estructura, huevos.

#### ABSTRACT

An epistemological framework is given to evaluate the scientificity of Llorente-Bousquets and collaborators’ exochorionic images, understood as schematic representations of a system of morphological characters. The images are evaluated at the intersection of three units of analysis: styles, dimensions and epistemic virtues. They are analyzed according to: i) three styles: chirography, photography, and scanning electron microscope (SEM); ii) four virtues: Truth-to-Nature (TtN), Mechanical Objectivity (MO), Structural Objectivity (SO), and Trained Judgment (TJ). Two substyles of chirography are located: descriptive-realistic and ‘lettered schema’. The schema is interpreted as *característica universalis*, conceptography or direct representation of morphological concepts, of which provides *a priori* knowledge. The scientific nature of the image production process is analyzed and evaluated through the model of epistemic virtues and a proposed extended version of it (D&G+).

**Key words:** epistemic virtues, diagram, scientific illustration, character states, morphology, structure, eggs.

Este artículo constituye una continuación del previamente escrito en *Dugesiana* (Flores-Gallardo *et al.* 2021); es una versión bastante sucinta de un capítulo de una monografía en curso sobre el tema, que los autores tenemos en desarrollo. Se centra en la pregunta, ¿qué es lo que da científicidad a las imágenes exocoriónicas *sui generis* de Llorente Bousquets y colaboradores? Esta es pertinente, pues tales imágenes son *sui generis* en el sentido de no pertenecer a un solo *estilo convencional* (Bredenkamp *et al.* 2015) de representación exocoriónica, sino que transitan por estilos aceptados pero dispares, tanto en técnicas de producción, como en sus criterios de éxito representacional. Se ofrecerá entonces un marco teórico breve para entender y evaluar estas imágenes exocoriónicas como herramientas

epistémicas, *i.e.* generadoras de conocimiento científico. Por ello se analizarán según tres aspectos: 1) su labor global de representar un sistema de caracteres morfológicos; 2) los estilos de representación exocoriónica en los que se basan, y 3) cuatro virtudes epistémicas distintas.

Flores-Gallardo *et al.* (2021) presentaron un panorama de la propuesta actual de Llorente-Bousquets y cols., sobre el empleo de caracteres exocoriónicos en sistemática de Papilionoidea (Insecta: Lepidoptera), con énfasis en sus técnicas de producción de imágenes. Se incluyó: 1) una breve historia del interés taxonómico de Llorente-Bousquets en estructuras ovocíticas; 2) resúmenes descriptivos de sus técnicas estandarizadas para el estudio y representación del exochorion; 3) discusión sobre el uso de imágenes en la

conceptualización, representación y empleo de caracteres exocoriónicos, y 4) prospectos a futuro en investigación exocoriónica de Papilionoidea. Hacia el final del artículo, se mencionó que las imágenes exocoriónicas ‘actualizan’ valores o virtudes epistémicas (*epistemic virtues*) *sensu* Daston y Galison (2007), distintas a la objetividad, pero que también les confieren científicidad a lo largo de su proceso de producción. En el presente artículo se ofrece un marco epistemológico para entender y valorar esa afirmación; se mostrará: i) qué son los estilos de representación pictórica; ii) qué son y para qué sirven las virtudes epistémicas, y iii) cómo se relacionan a lo largo del proceso de elaboración de imágenes exocoriónicas de Llorente-Bousquets y cols.

**Sinopsis del proceso figurativo-conceptual (resumen y diagramas de flujo).** Flores-Gallardo *et al.* (2021) sintetizaron las técnicas de Llorente Bousquets y cols. en la producción de imágenes exocoriónicas. Sus fases principales son, en versión corregida y resumida:

- 1) *Material biológico*. Recolecta estándar de ejemplares. Disección, limpieza y preparación de huevos, para su inspección bajo tinción o bajo el MEB.
- 2) *Fotomicrografías*. Obtención de conjuntos de fotomicrografías de huevos teñidos, enfocados en planos distintos bajo el microscopio estereoscópico.
- 3) *‘Stacking’ o apilamiento manual*. Producción de una sola imagen digital coherente, enfocada en todos los planos y con corrección de aberraciones.
- 4) *Pulimiento visual*. Eliminación de ruido visual y equalización de la imagen.
- 5) *Desaturación*. Desaturación selectiva en *Photoshop*, para realzar estructuras exocoriónicas.
- 6) *Quirografías realistas*. Elaboración de un primer conjunto de quirografías (dibujos ‘a mano’) de estilo descriptivo-realista, que enfatizan la información relevante de las fotografías y eliminan el ‘ruido visual’.
- 7) *Cotejo con tabulaciones*. Comparación de quirografías realistas con observaciones, conteos y tabulaciones de estructuras en la muestra completa: Correcciones pertinentes.
- 8) *Terminología*. Construcción de vocabulario o terminología, de acuerdo con conceptos básicos y marco teórico general en la descripción del exocorion, mediante la inspección, depuración y discusión colectiva del conjunto de quirografías.
- 9) *Esquemas letrados*. Elaboración de un conjunto provisional de representaciones esquemáticas, acompañadas de señalizaciones y/o de texto, con las que rasgos salientes o conspicuos devienen candidatos a caracteres.
- 10) *Complementos visuales*. Obtención de imágenes complementarias a partir del MEB, con énfasis en microestructura exocoriónica. Comparación entre las imágenes obtenidas por tinción y mediante el

MEB, hasta obtener un conjunto unificado y coherente de esquemas.

- 11) *Secuencias estructurales*. Composición de secuencias estructurales y posibles series de transformación, mediante el ordenamiento por similitud morfológica de estados de caracteres.
- 12) *Esquemas secuenciales*. Elaboración de un conjunto de esquemas complementarios, que ostente las secuencias encontradas, para facilitar la comunicación de resultados.
- 13) *Discusión*. Comparación de datos exocoriónicos obtenidos con propuestas clasificatorias en la literatura filogenética. Discusión colectiva para refinar la terminología y el material gráfico.

Los autores ofrecieron un diagrama de flujo para mostrar el proceso de manera sinóptica (Figura 1). Las fotomicrografías por tinción e imágenes del MEB son la base más importante para producir quirografías descriptivo-realistas; éstas se examinan, corrigen y con base en ellas se generan esquemas letrados; el conjunto de imágenes finales representa un sistema de caracteres morfológicos en un taxón dado. Esta sinopsis se visualiza en un diagrama de flujo, acompañado de imágenes representativas (Figura 2). Un aspecto relevante de este proceso corresponde con las etapas (11–12), pues es ahí donde las técnicas de representación pueden hacer su aportación principal en filogenética.

*Secuencias de estados de caracteres en el exocorion y su importancia filogenética.* Es importante distinguir entre los términos *secuencia* y *tendencia*, pues solo el segundo tiene dimensión temporal, direccionalidad y sentido procesual como transformación en sentido evolutivo. Las secuencias referidas, en tanto ordenamientos lineales de estructuras según su proximidad o grado de similitud, no implican direccionalidad, en uno u otro sentido. Para ello se requiere interpretarlos en el marco de la sistemática filogenética *sensu* Hennig (1965, 1966), *i.e.* un criterio de polarización de estados de caracteres, que permita distinguir —en sucesión— los menos derivados o *plesiomórficos*, de los más derivados o *apomórficos*. Existen diversas estrategias de polarización, *e.g.* correlación con caracteres ya polarizados, o uso de grupo externo; Llorente Bousquets y cols. se sirven de ambas.

En sus publicaciones, Llorente-Bousquets y cols. contrastan resultados exocoriónicos con clasificaciones filogenéticas tomadas de la literatura. Esto parece problemático, pues la noción simple de ‘robustez’ clasificatoria, referida a clasificaciones que no cambian con la adición de nuevos caracteres, es infundada. En su crítica a lo que llama el ‘mito de los caracteres como *tests* de hipótesis filogenéticas’, Fitzhugh (2006: 92–95) afirma que nuevos caracteres no apoyan ni refutan una hipótesis filogenética previa, sino que generan una nueva, entendida como abducción explicativa de esa nueva evidencia empírica de distribución de caracteres. Conforme se añaden, los caracteres deben considerarse de manera conjunta

en la producción de una hipótesis global, que pueda contrastarse mediante un *test* independiente y severo *sensu* Popper (1962). El autor también considera infundada la comparación directa entre hipótesis filogenéticas obtenidas de conjuntos de datos de caracteres diferentes (e.g. mediante el uso de ‘superárboles’), pues cada una responde a conjuntos de preguntas causales distintas (Fitzhugh 2006: 27, 68, 98). Contra esta idea, puede argumentarse que si bien la congruencia de hipótesis filogenéticas obtenidas con caracteres distintos no posee la certeza de una deducción —al ser una inducción enumerativa a partir de abducciones—, al menos traslada la carga de la prueba en el opositor, *i.e.* en la propuesta de una hipótesis filogenética divergente. Allende esa discusión, Llorente-Bousquets y cols., por lo general, solo se ocupan de la detección, ordenamiento secuencial y posible polarización de estados de carácter de exocorion, no de la producción ni comparación de hipótesis filogenéticas; así, la mayoría de sus resultados quedan fuera de la crítica de Fitzhugh.

Llorente-Bousquets y cols. han sido precavidos en la exposición de sus resultados, al notar la necesidad de más y mejores estudios al determinar la filogenia de especies según el sistema de caracteres exocoriónicos. No obstante, sus técnicas *sui generis* de representación cobran relevancia filogenética, precisamente al esquematizar secuencias y posibles tendencias entre caracteres exocoriónicos. Las secuencias son producto directo de sus técnicas.

La preferencia de uso de técnicas automatizadas en la producción de imágenes científicas, suele justificarse por su mayor ‘objetividad’. Parece necesario, entonces, incorporar consideraciones sobre la objetividad y otras ‘virtudes’ o *desiderata* en la producción de imágenes científicas, para explicar por qué imágenes tradicionalmente consideradas menos ‘objetivas’, como las quirografías de Llorente-Bousquets y cols., posibilitan la obtención de información científica inédita. A continuación, se presenta un marco teórico para el análisis de estilos de representación pictórica, sus virtudes epistémicas asociadas, y su evaluación de científicidad en las imágenes *sui generis* de Llorente-Bousquets y cols.

### ESTILOS DE REPRESENTACIÓN DEL EXOCORION

El énfasis de Flores-Gallardo *et al.* (2021) en la necesidad de visibilizar el proceso de producción de imágenes exocoriónicas, contra solo estudiar los productos terminados, se inscribe en la concepción de ‘estilos’ (*styles*) representacionales de Bredekamp *et al.* (2015). Un *estilo* es un conjunto de rasgos similares entre al menos dos ‘formas’ (*forms*) producidas por al menos dos diseñadores (*designers*). Esta definición, en apariencia demasiado vaga, adquiere precisión a través de sus modificaciones a la noción original de que proviene. Bredekamp y colaboradores propusieron esta unidad de análisis durante su proyecto colectivo de investigación sobre la imagen técnica (*Das technische Bild*), enfocado en el estudio de imágenes científicas,

tecnológicas y médicas. Retomaron el término de los ‘estilos’ colectivos y de pensamiento introducidos por Fleck (1935), referidos a sistemas histórico-socialmente ubicados de ideas y prácticas científicas, con dos modificaciones: i) un énfasis sobre aspectos materiales, no psicológicos, en la producción de imágenes científicas; ii) la concepción de imágenes, no como ‘ilustraciones’ pasivas, sino como ‘agentes’ activos en la construcción del conocimiento científico. Llorente-Bousquets y cols. han publicado dos trabajos sobre técnicas estandarizadas para la producción de imágenes exocoriónicas (Nieves-Urbe *et al.* 2021, Flores-Gallardo *et al.* 2021). A la par, probaron su repetibilidad al capacitar nuevos colaboradores, quienes produjeron imágenes, descripciones y publicaciones de calidad coherente (Campos *et al.* 2020, Rivera-Galicia *et al.* 2020). Sin embargo, aún no hay otros grupos independientes de investigadores que apliquen esas técnicas de representación. Por ello, en este artículo se refiere a sus imágenes como un caso *sui generis* en la literatura, producto ‘híbrido’ de estilos de representación exocoriónica bien establecidos.

Existen al menos tres estilos preponderantes de representación exocoriónica en Lepidoptera: quirografías, fotografías e imágenes obtenidas mediante el MEB (en prep.). Según su modo de representación, las quirografías aun pueden dividirse en al menos dos subestilos distintos: *mimético*, correspondiente con un estilo descriptivo-realista; o *estructural*, correspondiente con un estilo esquemático-idealizado, al que aquí se aplica el término de *esquema letrado*. Flores-Gallardo *et al.* (2021: 151) mencionan que los estilos de representación automatizada (fotografía y MEB) permanecen relativamente desaprovechados como herramientas de exploración conceptual. Contra la tendencia actual, la quirografía es el estilo de representación preferido por Llorente-Bousquets y cols. Sus quirografías descriptivo-realistas se realizan a partir de conjuntos selectos de fotomicrografías e imágenes del MEB. Su calidad mimética es similar a la de sus fuentes, pero con ventajas de claridad y legibilidad a escalas relevantes, al enfatizar rasgos diagnósticos y deshacerse de ruido cognitivo o aberraciones artefactuales producidos por las herramientas automatizadas. Como se argumenta a continuación, dichas ventajas representacionales provienen del juicio entrenado del investigador y del ilustrador que trabajan de manera colaborativa, en oposición a la objetividad mecánica propia de imágenes algorítmicas como la fotografía y el MEB. Por otro lado, la científicidad de quirografías esquemático-estructurales no puede justificarse por mimesis o similitud con referentes concretos. Una exposición adecuada sobre las propiedades representacionales particulares de las quirografías amerita trabajos dedicados. A continuación, solo se presentan ideas básicas para analizar las quirografías de Llorente-Bousquets y cols.

**Quirografía.** Gubern (2017: 197, 201) llama imágenes *quirográficas* a aquellas de producción manual o artesanal, en oposición a las imágenes *digitales*, de producción mecánica o automatizada. Más que una distinción

categoría, el autor propone que la imagen digital surge de la maximización de principios constructivos heredados de la imagen quirográfica, pero liberados de su compromiso mimético con lo representado. Esta tipología de imágenes según sus modos de producción, corresponde con la distinción de Pauwels (2008: 152, 154) entre imágenes *no-algorítmicas* y *algorítmicas*. El autor las describe como límites de un continuo, en el que se gradualiza y problematiza la asociación monotónica usual entre automatización y objetividad. Pauwels se refiere a las imágenes dibujadas a mano (*hand-drawn*) como *intencionales*, al depender de las habilidades, decisiones y juicios personales de quienes las producen. No obstante, la elección e interpretación de imágenes algorítmicas también incluye intencionalidad, incluso en casos de automatización sofisticada, *e.g.* síntesis de imágenes digitales asistidas por robots en astrofísica (Ibarra y Zubia 2009). En principio, la mayor subjetividad inherente a las quirografías parece hacerlas menos confiables como imágenes científicas, toda vez que su científicidad se base en su objetividad. Sin embargo, Daston y Galison (2007) mostraron la existencia histórica y contemporánea de ‘virtudes epistémicas’ distintas de la objetividad, que también sirven como demarcadores de científicidad para imágenes, según sus medios de producción y fines de uso, *e.g.* la subjetividad del ‘juicio entrenado’ (*trained judgement*) de un investigador. En este estudio se harán explícitas las virtudes epistémicas que rigen la producción de imágenes exocoriónicas de estilos distintos.

*Diagrama o esquema.* El diccionario de la RAE define ‘diagrama’ como: “*m.* Representación gráfica, generalmente esquemática, de algo”. Según su significado etimológico hispánico (Corominas 1987: 252), ‘esquema’ proviene del latín *schema*, que significa ‘figura geométrica’, a su vez tomado del griego *skhēma* (σχῆμα), que significa ‘forma’, ‘figura’ o ‘actitud’. Diccionarios en lengua inglesa también establecen relaciones dispares, pero siempre próximas, entre los términos ‘esquema’ y ‘diagrama’; *e.g.* los consideran sinónimos (Weekley 1921), sinonimizan esquema con representación diagramática, o definen diagrama como figura ilustrativa que da un esquema general de un objeto, para exhibir la forma y relaciones entre sus partes (Simpson 2009). Deleuze (2013) profundiza en el concepto de diagrama en la pintura, sin llegarlo a definir con precisión y sin relación con la imagen científica.

En distintas lenguas los usos y significados de estos términos están enlazados. También es claro que parecen referir a representaciones que muestran, más que la apariencia de objetos, conjuntos de relaciones entre objetos, *i.e.* estructuras *sensu* Shapiro (2000: 257–259). La estructura de algo no son sus partes relacionadas (*relata*), sino las relaciones entre sus partes. Sin embargo, mientras un diagrama se define en función del tipo de representación que es, *i.e.* geométrico-espacial, un esquema se define en función del tipo de cosa que representa, *i.e.* una forma (Simpson 2009). Así, su relación se clarifica en sentido lógico: un diagrama es solo un tipo de esquema.

Un diagrama no es la única manera de representar formas, *e.g.* hay esquemas de axiomas o reglas de inferencia, en lenguaje lógico formal; pero parece que todo diagrama representa formas o relaciones estructurales entre formas de algún tipo, *e.g.* pictóricas, anatómicas, inferenciales o de flujo dinámico.

En sus publicaciones sobre el exocorion, Llorente-Bousquets y cols. llaman ‘esquemas’ a quirografías diagramáticas, acompañadas de terminología y señalizaciones, que representan partes, regiones o estructuras morfológicas del exocorion. Kant llamó esquema (*Schema*) a la: “representación (*Vorstellung*) de un procedimiento universal de la imaginación (*Einbildungskraft*) para suministrar su imagen (*Build*) a un concepto” (B179–B181). Si bien la noción kantiana de esquema parece referirse a una imagen mental, más que a una representación material concreta, se destaca aquí su cualidad universal al representar, no entidades individuales, sino conceptos. El uso del término ‘esquema’ por Llorente-Bousquets y cols. es compatible con esta tradición, debido a: i) su etimología como ‘forma’, al representar estructuras morfológicas, y ii) su función de conectar imágenes con conceptos (morfológicos), a través de la introducción de texto y señalizaciones.

*Esquema letrado.* Según Martínez (2009: 99): “Un diagrama es un tipo de imagen (generalmente acompañada de texto, o por lo menos de letras o números) constituida por elementos espacialmente distribuidos que guardan relaciones significativas entre ellos, que dependen y varían de acuerdo con su proximidad espacial y de acuerdo con ciertas convenciones estables dentro de una comunidad, que permiten identificar su significado dentro de cierto tipo de saber”. Afirma que los diagramas: “contribuyen al entendimiento en la medida en que nos dan una justificación *a priori* por medio de la intuición [...] porque está[n] basado[s] en la habilidad del agente racional de adquirir y desplegar ciertos conceptos que capturan propiedades espaciales” (*op. cit.* 99, 100), *i.e.* defiende la objetividad de un diagrama a través de una estrategia kantiana, por intersubjetividad.

Un ‘diagrama letrado’ (*lettered diagram*), *sensu* Giardino (2017: 504), es una combinación de elementos pictóricos y textuales, que permite hacer una generalización inferencial a partir de un ejemplo ofrecido. La autora retoma este término de Netz (1999), quien lo propuso para referirse a una invención original de la cultura griega, manifiesta en las construcciones geométricas de los *Elementos* de Euclides. En concierto de ideas con estos autores, pero de manera conservadora con el sentido de Netz, se propone aquí el término *esquema letrado* para referir a lo que Llorente-Bousquets y cols. llaman ‘esquema’ sin más; *i.e.* quirografías que representan caracteres y estructuras morfológicas con un estilo idealizado y geométrico, acompañadas de texto y señalizaciones, *e.g.* flechas, escalas, terminología, medidas. Se justifica la introducción del término, debido a: i) el poder ampliativo de un esquema

morfológico, referido a su capacidad de representar invariantes o límites de variación característica dentro y más allá de una muestra, como idealización geométrica obtenida a partir de múltiples observaciones, *i.e.* no solo por inducción enumerativa, sino por abducción, y ii) sus funciones ‘puente’ entre contenidos pictóricos y verbales, al mostrar, de manera sinóptica, relaciones entre términos teóricos y sus referentes morfológicos ‘tipo’. La tipicidad del esquema letrado se asemeja a la de un *arquetipo* según la homología general de Owen (1843, 1846).

Los esquemas letrados resultan especialmente útiles para estudios morfológicos, al representar estructuras de manera más eficaz y eficiente. Darden (2013: 21–23) afirma que los esquemas ocupan un lugar privilegiado en la representación de los *mecanismos* descriptivos o explicativos (según su caracterización ‘MDC’, dada por Machamer *et al.* 2000) que suelen constituir objetos centrales de estudio en biología contemporánea, *e.g.* la representación del ‘dogma central’ de la biología molecular, a través de un esquema letrado que describe el mecanismo de síntesis de proteínas. El autor enumera características de los mecanismos que pueden considerarse producto directo de su representación esquemático-estructural (presencia de entidades y relaciones, modularidad, orientación, conectividad, compartimentalización y localización de sus partes dentro de jerarquías o series) y distingue entre el esquema (*schema*) y boceto (*sketch*) de un mecanismo, según si sus componentes representativos han sido determinados por completo o no. Casanueva (2017) concurre en la indispensabilidad de uso de esquemas y diagramas en biología moderna, al enfatizar sus funciones como instrumentos pre-verbales de representación, procesamiento e intervención de datos, así como de relaciones inferenciales entre componentes propios o auxiliares de teorías científicas; el autor ejemplifica este punto mediante el desarrollo histórico de los cuadros de Punnett en genética mendeliana, cuyas versiones diagramáticas actuales desglosan el mecanismo de obtención e interpretación teórica de la matriz de datos.

*Característica* o *Begriffsschrift* (*conceptografía*) *exocoriónica*. Vitta (2003: 44–45) retoma la *característica geométrica* leibniziana, al definir ‘caracteres’ como cosas a través de las cuales se representan relaciones entre objetos de manera más fácil que con los objetos mismos. Llorente-Bousquets y cols. realizan esta tarea en la producción y refinamiento de esquemas letrados, los cuales funcionan también como *característica universalis* en su sentido más amplio. Esta se ha interpretado como una versión temprana de lenguaje formal unificado (*lingua franca*) o de lógica matemática (*calculus racionator*); dichas interpretaciones empobrecen la idea original de Leibniz (1679), cuyo objetivo era la creación de una escritura ideográfica que representara pensamientos de manera directa (Casanueva 2009: 216). Frege, en 1879, comprendió y retomó el proyecto leibniziano con su ‘conceptografía’ (*Begriffsschrift*) (Frege 2016: 42–44), *i.e.* un sistema para la representación directa de conceptos, que entonces pueden nombrarse y clasificarse

en múltiples lenguas, sin necesidad de traducción alguna.

Tanto Leibniz como Frege utilizaron diagramas para alcanzar su objetivo de representación conceptual directa. En 1882, Frege fue explícito en la necesidad de una cualidad figurativo-visual, no lingüística, en la construcción de una buena conceptografía (Frege 2016: 156–159). Esto posibilita una analogía con los esquemas letrados. Su parte letrada contribuye en la búsqueda de una *lingua franca*, para referir de manera más precisa a estructuras exocoriónicas. Su parte pictórica es la representación directa, visual o *icónica* (Macbeth 2012: 290, 291) de conceptos morfológicos, de modo que puedan inferirse nuevas relaciones relevantes entre los mismos. Llorente-Bousquets y cols. han comenzado a explorar su función como *calculus racionator* (lo cual requiere de reglas de transformación claramente definidas e instanciadas entre componentes de esquemas), al proponer y tabular estándares para la representación geométrico-esquemática de estructuras apicales (engrosamientos, abultamientos, tres tipos de proyecciones) y sus transformaciones en especies de la familia Pieridae (Nieves-Urbe 2021: 308). Bredekamp *et al.* (2015: 114) resaltan la función evidencial de los diagramas en la construcción de conocimiento científico. Al hacer evidentes relaciones estructurales entre caracteres y posibilitar otras nuevas, puede apreciarse cómo los esquemas letrados exocoriónicos, en su concreción material como quirografías, proveen de evidencia para:

- i) Identificar y conceptualizar, visualmente, caracteres homólogos.
- ii) Ordenarlos secuencialmente en estados de caracteres, según sus grados de proximidad o similitud estructural.
- iii) Polarizarlos, a través de algún método de polarización de secuencias de estados de caracteres.
- iv) Explicarlos mediante hipótesis de homogenia o de homoplasia en un marco filogenético.

Lo que permite hacer los trabajos conceptuales (i) y (ii) es la cualidad pictórica (no verbal, prelingüística) de los esquemas. Los pasos (iii) y (iv) requieren de su parte letrada, para conectar conceptos pictóricos con una teoría causal. De este modo, el esquema letrado sirve como herramienta no-verbal de conceptualización científica, al constituir una representación ‘puente’ entre evidencia empírica de caracteres homólogos, y la teoría filogenética que puede explicarlos por homogenia u homoplasia *sensu* Lankester (1870). A continuación, se presenta un análisis del proceso de construcción de imágenes exocoriónicas de Llorente-Bousquets y cols., según como sus fases ejemplifican distintas virtudes epistémicas (Daston y Galison 2007) en la construcción no-verbal de conceptos científicos.

#### VIRTUDES EPISTÉMICAS EN LA PRODUCCIÓN DE IMÁGENES CIENTÍFICAS

En su estudio histórico-filosófico sobre la objetividad (*Objectivity*), Daston y Galison (2007) definieron cuatro ‘virtudes epistémicas’ (*epistemic virtues*) durante el estudio

y evaluación de imágenes científicas; aquí se abrevian vernacularmente como sigue:

**TtN** = (*Truth-to-Nature*) Fidelidad con la Naturaleza

**MO** = (*Mechanical Objectivity*) Objetividad Mecánica

**SO** = (*Structural Objectivity*) Objetividad Estructural

**TJ** = (*Trained Judgement*) Juicio Entrenado

Estas virtudes son ‘epistémicas’ en tanto corresponden con concepciones históricas distintas de lo que es (o debe ser) la ciencia. Daston y Galison basan su estudio en la interpretación trascendentalista y post-kantiana del término ‘objetividad’; la cual ha servido históricamente para defender el realismo de resultados científicos, en la medida en que sean objetivos. Sin embargo, los autores puntualizan que la pregunta por la objetividad es principalmente epistemológica, no ontológica (Daston y Galison 2007: 260–261).

Al igual que las otras virtudes epistémicas propuestas, la objetividad es un criterio de demarcación para las ciencias, no un criterio de verdad (correspondentista) o para la adquisición de compromisos ontológicos. Esto la desacopla de discusiones metafísicas sobre realismo científico, y permite ver alternativas que cumplen la misma función epistemológica. Según los autores, sus ideas se originaron al reparar en que la objetividad tiene una ‘prehistoria’ en la historia de la ciencia, *i.e.* los contenidos científicos no siempre se han defendido en términos de objetividad, sin por ello dejar de considerarse científicos. Esto no constituye una historia de superación progresiva de virtudes, sino de su proliferación como demarcadores de científicidad: (*op. cit.* 17, 18). Uno de los méritos principales del enfoque de estos autores, consiste en contar esa historia a través de la producción y uso de imágenes, como recursos no-verbales en la generación de conceptos y teorías científicas. En esta sección se exponen aspectos relevantes de este modelo de virtudes epistémicas, para ubicarlas en: i) la historia de las imágenes exocoriónicas, y ii) su proceso estandarizado de producción en la propuesta de Llorente-Bousquets y cols.

**Fidelidad con la Naturaleza (TtN).** Basada en técnicas estandarizadas de dibujo manual o artesanal, *i.e.* quirografías, ‘Fidelidad con la naturaleza’ (TtN) quiere decir correspondencia de la imagen con la naturaleza del objeto representado, *i.e.* se evalúa respecto a algún concepto de naturaleza y naturalidad que le son indisociables. Los autores son enfáticos en que dibujar ‘del natural’ (*after life, from nature*) y dibujar ‘la naturaleza’ (*truth-to-nature*) no son lo mismo. TtN no es la representación mimética ‘fiel’ y presuntamente preteórica de algo, tal como aparece ante la vista, sino de su naturaleza esencial, velada por accidentes en su apariencia o aparición concreta; (*op. cit.* 98–99, 104). Los ejemplos ofrecidos por los autores, son quirografías reproducidas mediante técnicas de grabado, *e.g.* mezzotinta, litografía, para incluirse en atlas de historia natural; estos representan la suma del conocimiento del naturalista, que ha aprendido a ver lo esencial de los objetos estudiados, allende sus propiedades accidentales (*op. cit.* 20, 58, 59). Cuando no dibuja él mismo, el naturalista guía

y censura el trabajo del ilustrador, para que las ilustraciones de ejemplares sean típicas y conformes con estándares representacionales de fuerte carga teórica. Los términos clave de TtN son ‘selección y acentuación’ (*selection and accentuation*).

Es evidente que TtN pervive en la actualidad, a través del uso de quirografías científicas estructurales, tipológicas, esquemáticas o idealizadas en cierto grado. Esto no debe sorprender, pues, según la distinción de Barceló (2016), las quirografías poseen, por construcción, las siguientes ventajas ante la fotografía y otras técnicas automatizadas de representación pictórica:

- i) *Ergonómica*, dadas sus cualidades constitutivas de selección y acentuación, que a veces requiere un especialista para la comunicación eficiente de información.
- ii) *Epistémica*, en la representación eficaz de tipicidad y de relaciones estructurales entre objetos teóricos. En particular, a través del uso de esquemas letrados.

El grado de ‘naturalismo’ de una ilustración TtN, en tanto parecido visual con objetos concretos, puede tener cierto valor ergonómico, incluso retórico y persuasivo, en su función amplia de comunicar información densa (*i.e.* un fenómeno de variación continua o no discreta) de manera eficiente. Pero en cuanto a su dimensión epistémica, en su función estrecha de representar invarianza, su naturalismo o falta del mismo es irrelevante si no representa un objeto teórico propio con capacidad de generar inferencias nuevas.

*Fidelidad con la Naturaleza Esencial (TtNE).* La insistencia de los autores sobre la distinción entre propiedades ‘esenciales’ y ‘accidentales’ de los objetos, desde el Renacimiento hasta la Modernidad, se ampara en el llamado ‘esencialismo’ y ‘pensamiento tipológico’ (Wilkins 2009, Richards 2010), que recorre la historia de la filosofía y de la ciencia en occidente desde las obras de Platón y Aristóteles. El esencialismo *simpliciter* puede entenderse como una tesis doble: ontológica, *i.e.* existen las esencias, y epistemológica *i.e.* conocer algo es develar su esencia; TtN es solo la mitad, esto es epistemológica. Como desarrollo histórico del método aristotélico *per genus et differentiam*, la ciencia TtN consiste en encontrar las propiedades definitorias de clases de objetos. En términos de filosofía de la ciencia del siglo XX, el concepto de *esencia* se acopla al de definición *intensional* (Quine 1951: 22); según el cual, una clase se define intensionalmente por propiedades *esenciales*, *i.e.* suficientes y necesarias: todos los miembros de la clase las poseen y solo ellos, de manera exclusiva (por suficiencia) y exhaustiva (por necesidad). Estas condiciones pueden resumirse y describirse por la semántica de la conectiva lógica de *implicación estricta*:

$(\alpha \rightarrow \beta) : \alpha \text{ implica } \beta$ , o bien, siempre que se cumpla  $\alpha$ , se cumple  $\beta$ .

Si eso ocurre, se dice que  $\alpha$  es *suficiente* para  $\beta$ , y que  $\beta$  es necesario para  $\alpha$ . Sean  $A$  una clase,  $x$  un miembro cualquiera de  $A$  y  $P$  una propiedad dada; entonces, sus

relaciones se formalizan del siguiente modo:

Que  $x$  posea  $P$  es *suficiente* para que sea miembro de  $A$ :

$$P(x) \rightarrow x \in A \quad (A \text{ si } P)$$

Que  $x$  posea  $P$  es *necesario* para que sea miembro de  $A$ :

$$x \in A \rightarrow P(x) \quad (A \text{ solo si } P)$$

Que  $x$  posea  $P$  es *esencial* (suficiente y necesario) para que sea miembro de  $A$ :

$$P(x) \leftrightarrow x \in A \quad (P \text{ si y solo si } A)$$

Con independencia de su estilo quirográfico asociado, TtN es esencialismo epistemológico. Para mayor claridad, se propone aquí un refinamiento del término que refiera, de manera más general, a una *Fidelidad con la Naturaleza Esencial* y abreviar cada uno como sigue: **TtN** = Fidelidad con la Naturaleza (esencialismo epistemológico quirográfico); **TtNE** = Fidelidad con la Naturaleza Esencial (esencialismo epistemológico). La misma semántica que define la implicación estricta, permite ver que cumplir TtN (condición fuerte) es suficiente para cumplir TtNE (condición débil), y que cumplir TtNE es condición necesaria para cumplir TtN, *i.e.*  $TtN \rightarrow TtNE$ . Toda representación que sea científica según TtN, lo será según TtNE, pero no al revés.

**Objetividad Mecánica (MO).** Acoplada al surgimiento del *autoprint*, la fotografía y ulteriores técnicas automatizadas en la producción de imágenes, la ‘Objetividad mecánica’ (MO), se definió inicialmente de manera negativa, como ausencia de subjetividad, *i.e.* se evalúa en oposición a algún concepto de sujeto y subjetividad que le son indisolubles. MO nació con el ideal epistemológico de conocer las cosas en sí mismas, con independencia de nosotros y nuestras ideas sobre ellas, *i.e.* intentar conocer el *noumeno* kantiano. La estrategia para conseguirlo fue la implementación de una política estricta de intervención mínima del sujeto en la producción de imágenes científicas, para que la naturaleza “*hable por sí misma*”. Esta estrategia convirtió la aspiración inicial de obtener conocimiento nouménico (un sinsentido, dada su imposibilidad por definición) en un fenomenismo radical; según el cual, la ciencia privilegia la representación de objetos singulares, tal como aparecen ante la vista, mediante la captura minuciosa de todas sus ‘imperfecciones’ y accidentes. Al margen de críticas sobre su uso, se creyó poder alcanzar estos nuevos fines epistémicos con la cámara fotográfica; cuyo lente mecánico, de ‘mirada ciega’ (*blind sight*) o desprejuiciada, registra detalles tan bien o mejor que el ojo humano, más sesgado y cargado de teoría cuanto mejor entrenado esté en la tradición TtN (Daston y Galison 2007: 120–126).

El surgimiento de técnicas mecánicas y automatizadas para la producción de imágenes, es solo una posible vía de materialización para los fines epistémicos dados por la primera definición conceptual de MO, como negación o supresión de la subjetividad: “The automatism of the photographic process promised images free of human interpretation — objective images, as they came to be

called. [...] By a process of algebraic cancellation, the negating of subjectivity by the subject became objectivity” (*op. cit.* 130–131). Comprender la obtención histórica de su definición positiva, como intersubjetividad, requiere una discusión ortogonal a sus medios de producción, sobre la influencia de Kant y su replanteamiento apriorista de la objetividad. En este estudio, solo se perfilan los aspectos más generales de esta transformación.

**Objetividad Apriorista (AO).** En la segunda edición de *Crítica de la razón pura*, del año 1787, Kant (2009) sugiere la cualidad *a priori* de un conocimiento como demarcador de su cientificidad, y llama ‘trascendental’ al estudio de las condiciones de aprioridad, *i.e.* de cientificidad, para un conocimiento (B4, B17, B26). Comprender la ‘objetividad’ post-kantiana como virtud epistémica, requiere elucidar la conexión entre sus conceptos de ‘objeto’ y de conocimiento *a priori*, a través de un enfoque trascendental. Daston y Galison atribuyen a Kant la reintroducción y popularización, de los términos ‘objetivo’ y ‘subjetivo’, producto de su distinción epistemológica entre objeto y sujeto. La objetividad post-kantiana, como demarcador de cientificidad, proviene de tres tareas conceptuales que realiza el término ‘objeto’; al denotar —con alternancia— fenómenos particulares, noumenos y finalmente la concepción apriorista y normativa de fenómenos.

Kant no considera ‘objetivamente válido’ (*objektiv gültig*) un concepto solo inteligible, sino que debe ser sensible. Por consiguiente, el ‘objeto’ de representación objetiva no puede ser un noumeno, entendido como objeto pre-representacional y no fenoménico (B306, B309, B312). La noción kantiana de ‘objeto’ es más general que la de ‘objetividad’; pues hay objetos, solo inteligibles, que no pueden ser objeto de representaciones objetivas. Sin embargo, es el sujeto trascendental (*transscendentales Subject*) (A354, A355), no el objeto trascendental (A109, B523), lo que hace *a priori*, *i.e.* universal y necesaria, a una representación científica. Dicho en términos definitorios: en una *representación científica*, el objeto trascendental es la condición necesaria o genérica de *representabilidad*, y el sujeto trascendental es la condición suficiente o específica de *cientificidad* en tanto objetividad.

Así, la influencia de Kant transformó la objetividad científica en *intersubjetividad máxima*. La subjetividad no puede ser suprimida, solo gestionada; lo que distingue a la objetividad no son sus técnicas de representación, sino su definición respecto a la subjetividad: negativa, como minimización de subjetividad, o positiva, como maximización de intersubjetividad. Conviene distinguir estos dos sentidos de objetividad post-kantiana, descritos por Daston y Galison; llámese al segundo *Objetividad Apriorista*, abreviada del modo siguiente: **MO** = Objetividad Mecánica (minimizar subjetividad); **AO** = Objetividad Apriorista (maximizar intersubjetividad). Estos sentidos están desacoplados en sentido lógico; pueden ir en conjunción o no, y MO no implica AO ni viceversa. Esto se debe a que el objeto representacional cambia en cada caso:



fenómenos singulares intervenidos de manera mínima, para MO, y leyes fenoménicas de cobertura máxima, para AO.

*Objetividad Apriorista Pluralista* (PAO). En el límite, AO es sinónimo *salva veritate* de certeza apodíctica, *i.e.* validez lógico-deductiva, propia de las demostraciones geométricas. Pero Kant mismo enfatizó que esto es imposible de obtener en ciencias empíricas, cuyas leyes son obtenidas por inducción (B4). Hoy día, las formas puras de la intuición y las categorías del entendimiento de Kant están en desuso filosófico casi total, especialmente como justificación de la cualidad *a priori*, *i.e.* universal y necesaria, de las leyes científicas. Existen propuestas neokantianas que conservan su esquematismo trascendental, pero niegan la unicidad del esquema, *e.g.* el realismo interno de Putnam (1994) o el ‘kantianismo relativista’ (*relativistic Kantianism*) de Lynch (2001). Estas propuestas ontológicas sobre realismo, son relevantes en epistemología porque, con la pérdida de unicidad del esquema trascendental, parece perderse también la justificación apriorista del conocimiento científico; con lo cual, AO pierde operacionalidad como demarcador de científicidad. Sin embargo, Lynch (2001) argumenta que este problema solo surge desde un enfoque absolutista, ya sea ontológico o epistemológico. Desde un enfoque pluralista, cada esquema conceptual puede preservar su normatividad apriorista local y, con ello, su realismo u objetividad internos. Putnam (1994: 13, 14) propuso el realismo interno como defensa de la objetividad ante el convencionalismo y relativismo extremos del posmodernismo americano y francés (*e.g.* de Rorty o Derrida). Según el autor, reconcebir la objetividad como normatividad intersubjetiva es el ‘empuje real’ de la *Crítica* de Kant; por lo cual presenta su propuesta como un kantianismo revisado, donde se preserva, restringida, la objetividad apriorista intersubjetiva y se prescinde del nóumeno (Putnam 1994: 90, 93–96, 109, 110).

El realismo interno de Putnam, apoyado por el kantianismo relativista de Lynch, preservan el realismo y normatividad epistemológica post-kantiana, al restringir el apriorismo dado por el sujeto trascendental a uno dado sólo por el esquema conceptual adoptado por una comunidad epistémica. Así, la objetividad post-kantiana, o intersubjetividad maximal, pervive como demarcador de científicidad también desde un enfoque pluralista, toda vez que los sujetos involucrados veamos lo mismo de un fenómeno ‘en igualdad de condiciones’, *i.e.* con la adición de una cláusula relativista *ceteris paribus*, en la intersubjetividad de nuestras observaciones y sus representaciones. Llámese a esto *Objetividad Apriorista Pluralista*; se abrevia del modo siguiente: **AO** = Objetividad Apriorista (maximización de intersubjetividad); **PAO** = Objetividad Apriorista Pluralista (*AO ceteris paribus*). En sentido lógico, AO es más fuerte que PAO:  $AO \rightarrow PAO$ . La científicidad de una imagen, en términos de su objetividad, puede entonces defenderse a través de al menos dos estrategias:

i) **MO**: Por el uso de dispositivos y procesos

algorítmicos (*sensu* Pauwels 2008) en su producción, como supresores de subjetividad y entonces proveedores de objetividad mecánica.

ii) **AO / PAO**: Por la estandarización de sus técnicas —no necesariamente algorítmicas— de producción, junto con la propuesta de convenciones para su estudio e interpretación, de modo que se maximice su intersubjetividad dentro de una comunidad epistémica.

En el caso de las imágenes *sui generis* de Llorente-Bousquets y cols., MO se ejemplifica en el uso inicial de fotomicrografías y del MEB. PAO se ejemplifica en diversas fases de la investigación, en la medida en que las prácticas y resultados obtenidos sean maximalmente intersubjetivos, a través de un proceso de covalidación colectiva. En particular, PAO guía las propuestas de los autores (Nieves-Urbe *et al.* 2021; Flores-Gallardo *et al.* 2021) sobre estándares para la producción, estudio e interpretación de imágenes exocoriónicas en Pieridae.

**Objetividad Estructural (SO)**. Producto de desarrollos en lógica matemática y en filosofía temprana de la ciencia, la ‘Objetividad estructural’ (SO) consiste en una versión extrema de AO, al punto de prescindir de imágenes y de objetos por completo, para quedarse sólo con sus relaciones estructurales, *i.e.* se evalúa con respecto a algún concepto de relación y de estructura que le son indisolubles. Los defensores de SO sostuvieron que la intersubjetividad maximal buscada reside, no en la observación de entidad alguna, sino en la develación de sus relaciones lógicas, como partes u ocupaciones de lugares dentro una estructura invariante, a través de las distintas percepciones que licita. La concepción SO, subtítuloada por los autores como ‘objetividad sin imágenes’ (Daston y Galison 2007: 253–254), ve en el concepto de estructura aquello que puede ser lo mismo para todos los sujetos cognitivos y hacer de la ciencia un conocimiento universal, comunicable siempre y en todo lugar.

SO podría parecer irrelevante para este ensayo, al ser radicalmente no-representacional. Podría aducirse que SO interviene en el proceso de representación exocoriónica, toda vez que los esquemas letrados de Llorente-Bousquets y cols. representan estructuras morfológicas. Sin embargo, la virtud que opera en esos casos es TtN, no SO. Esto se debe a que su informatividad, como representación de estructuras morfológicas, depende de las características topológico-espaciales del esquema; cuyo diseño es consecuencia de y pensado para las características constitutivas de usuarios cognitivos como nosotros mismos, *i.e.* seres humanos con vista normal o estándar. Los esquemas letrados se elaboran, también, en consideración de su componente ergonómico, para deshacerse del ruido cognitivo presente en las fotomicrografías y en las imágenes del MEB. *Qua* imágenes, poseen aún un componente mimético dado por la similitud parcial entre sus formas idealizadas y los ejemplares particulares que sirvieron de modelos. Por ello,

los esquemas letrados no cumplen, ni pueden cumplir, los estándares impuestos por SO, sobre conocimiento comunicable de manera universal *ad litteram*, para todos los sujetos cognitivos del universo, incluidos seres con órganos de visión diferentes (Daston y Galison 2007: 255, 259, 260).

Tal vez la ‘topología’ exocoriónica podría traducirse en lenguaje formal de topología algebraica, prescindiendo de la opticalidad del esquema, para satisfacer mejor las demandas de científicidad de SO. Sin embargo, esa algebrización exocoriónica aún tendría que superar la prueba de legibilidad universal para ser científica según SO, *i.e.* probarse inteligible, como sistema de caracteres, para hablantes de lenguas cuya sintaxis y semántica no correspondan con las constricciones que nuestra fisicalidad humana impone a nuestras representaciones lingüísticas y lógico-formales. En general, parece improbable que contenido epistémico alguno pueda cumplir con los estándares de científicidad impuestos por SO; el límite de intersubjetividad *de facto* parece estar dado por AO, si no es que por PAO, que es su versión más débil (*i.e.* SO  $\rightarrow$  AO  $\rightarrow$  PAO). La maximalidad local, como condición debilitante respecto a SO, y la cláusula *ceteris paribus*, como condición debilitante respecto a AO, son lo que ha dado como resultado histórico la pluralidad de esquemas conceptuales que dotan de científicidad por PAO a nuestras representaciones, conceptos y teorías.

Breidbach y Vercellone (2015a,b) han propuesto el uso de teoría de grupos como modelo algebraico para estudios morfológicos. Esta idea podría ser compatible con proyectos contemporáneos, que estudian la SO de representaciones diagramáticas, al concebirlas como *characteristica universalis* leibniziana (Casanueva 2009) o mediante la conceptografía de Frege (Macbeth 2012). Sobre esto, dicen Daston y Galison (2007): “Gottlob Frege may not, for example, have described his logical innovations in terms of ‘structures’, but when Rudolf Carnap later enlisted post-Fregean logic in the service of an emphatically ‘structural’ objectivity, he believed that he was using Fregean means to reach a Fregean end (even echoing Frege’s favorite analogy between formal logic and Leibniz’s *characteristica universalis*) [...] The theory of relations he advanced in his magnum opus, *Der logische Aufbau der Welt* (*The Logical Construction of the World*, 1928), aimed to overcome ‘the subjective departure point of all knowledge in the content of experience’ by constructing an intersubjective, objective world [...] identical for all subjects” (*op. cit.* 253-255, 290).

Descrita así por Carnap, es claro que SO solo es una versión extrema de intersubjetividad; una AO *universalis*, por retomar el término leibniziano, como conocimiento comunicable para todos los sujetos *posibles*, *i.e.* según Carnap (1969: 25), describibles sin contradicción. Consérvese entonces su nombre y abreviatura, concebida de este modo: AO = Objetividad Apriorista (maximizar intersubjetividad); SO = Objetividad Estructural (AO *universalis*); SO  $\rightarrow$  AO. Dicho lo anterior, hay diagramas

que pueden y suelen representar estructuras de modo no-mimético, pero descriptivo y hasta explicativo, toda vez que representan procesos. Un ejemplo es la concepción hennigiana del cladograma, basado en la *Strukturbild* (imagen de una estructura) de Carnap, como diagrama de relaciones filogenéticas (Rieppel 2016: 301). En él, las especies no se definen por propiedades intrínsecas, sino por sus relaciones dentro del sistema; la teoría de descendencia con modificación, principio regulador, da al sistema una estructura estrictamente ‘arborescente’, jerárquica o de *orden parcial* (Papavero y Llorente-Bousquets 2006, Papavero *et al.* 2009). La científicidad del sistema filogenético *sensu* Hennig (1965, 1966; Rieppel 2016) no está dada por las especies o grupos monofiléticos que contenga como entidades, sino solo por la objetividad estructural (SO) del ‘árbol’ filogenético del que son parte, entendido como proceso.

**Juicio Entrenado (TJ).** El juicio entrenado (TJ) surge como reacción a la objetividad mecánica (MO), al revalorar la mirada subjetiva, pero selectiva y juiciosa, del investigador entrenado, que posibilita una interpretación afortunada de imágenes producidas por medios automatizados, *i.e.* se evalúa con respecto a algún concepto de selección y de interpretación que le son indisociables. TJ es radicalmente no mecánico, algorítmico ni estandarizado, sino heurístico o abductivo: depende de la intuición del científico, capaz de encontrar relaciones sintéticas no reducibles a la suma analítica de detalles en una imagen mecánica. Ante el problema de discernir lo normal de lo aberrante, o lo informativo de lo ruidoso, aplicar TJ con éxito implica discriminar y jerarquizar información de imágenes, para detectar patrones de similitud distributiva dentro de la variación (Daston y Galison 2007: 309–319). El término clave de TJ es un concepto filosófico: el parecido de familia (*Familienähnlichkeit*) propuesto por Wittgenstein en 1953 (Wittgenstein 2004: §65-67).

La primera observación evidente, es que TJ rige toda la cadena de producción de imágenes exocoriónicas de Llorente-Bousquets y cols., justo después de la obtención, por MO, de fotomicrografías del estereoscopio e imágenes del MEB. Según su criterio de demarcación, la aplicación posible de TJ comienza con el uso de tecnologías mecánicas durante el proceso de producción de imágenes. Sin embargo, según la definición de Daston y Galison, puede hablarse de TJ *sensu lato* como detección de parecidos de familia (*Familienähnlichkeit*) wittgensteinianos (FäW). Con ello, TJ adquiere un sentido más general y vasto en implicaciones, al operar en la elección, tanto de tecnologías y técnicas por aplicar, como en la elección de ejemplares cuasi-típicos (por FäW) por escrutar. Más aún, TJ parte de imágenes mecánicas, producidas con MO, y aplica la ‘mirada sinóptica’ (*Übersichtlichkeit*) wittgensteiniana en la producción de ‘representaciones sinópticas’ (*übersichtliche Darstellung*) nuevas, que posibilitan ‘ver conexiones’ (*Zusammenhänge sehen*) teóricas complejas. Esto ocurre al detectar gradualidad o variabilidad, mediante ‘casos

intermedios' (*Zwischenglieder*) que median entre objetos u otros contenidos teóricos que se creían disjuntos (IF, I, §122); lo cual concuerda con el principio metodológico darwiniano, sobre aprender a ver los objetos como ubicados en una serie y dar a esta una posible interpretación temporal y transformacional: "Certainly no clear line of demarcation has as yet been drawn between species and sub-species [...] These differences blend into each other by an insensible series; and a series impresses the mind with the idea of an actual passage" (Darwin 1859: 52).

La consecuencia más importante de esta reformulación es que TJ es patente en el quirografado de esquemas letrados secuenciales. Estos esquemas, obtenidos por TJ a partir de imágenes mecánicas (MO) y de quirografías descriptivo-realistas (TtN), visibilizan conexiones entre rasgos exocoriónicos que al inicio parecían caracteres distintos; transformándolos sinópticamente en estados posibles de un mismo carácter. En tanto 'casos intermedios', estos estados de caracteres pueden, a su vez, recibir una interpretación filogenética al devenir relativamente plesiomórficos o apomórficos mediante algún criterio de polarización, *e.g.* método del grupo externo, en sentido hennigiano. Es decir, TJ usa MO como base, para obtener una nueva TtN gradualista y, en ocasiones, dinámica o procesual.

Lo anterior muestra la existencia de relaciones epistemológicas entre TtN y TJ, más allá de ocurrir antes o después que MO. Una elucidación ulterior de estas virtudes, viene dada por la relación entre los conceptos filosóficos que las fundamentan; a saber, arquetipos owenianos (TtN) y parecidos de familia wittgensteinianos (TJ/FäW), respectivamente. Por ahora, llámese a la segunda *Juicio Entrenado Wittgensteiniano* y abréviase del modo siguiente: **TJ** = Juicio Entrenado (detectar FäW en imágenes MO); **TJW** = Juicio Entrenado Wittgensteiniano (detectar FäW). En sentido lógico, TJ es más fuerte que TJW:  $TJ \rightarrow TJW$ .

*Juicio Entrenado Wittgensteiniano* (TJW). El que TJW consista en encontrar parecidos de familia wittgensteinianos (FäW) es relevante para el llamado 'problema de las especies', sobre la definición correcta de lo que sean las especies biológicas, y sobre criterios operacionales en su demarcación. Según estudios comprensivos en el tema, desde enfoques históricos (Wilkins 2009), filosóficos (Kitcher 1984, Stamos 2003, Richards 2010) y biológicos (Mayden; 1997, Zachos 2016), el cuasi-consenso actual apunta a la superioridad de conceptos de especie cuya ontología sea individualista, *i.e.* que la conciban como un *individuo histórico sensu* Ghiselin (1969, 1997). Esta concepción posee gran aceptación en filogenética, dada su compatibilidad histórica con las obras de Haeckel y de Hennig (Wiley y Lieberman 2011, Rieppel 2016). Sin embargo, existen otras propuestas de solución, *e.g.* definir a las especies como *clases cluster de propiedades* (Beckner 1959, Boyd 1999, Ereshefsky 2010), basadas de manera explícita en el concepto de FäW: todos los miembros de la especie comparten algún *cluster* de propiedades entre sí, pero no hay una sola propiedad compartida por todos,

*i.e.* esencialismo de Adanson (nivel de familia) según Papavero *et al.* (1997). Esto coincide con la diferencia de Linnaeus (1735) entre el *nomen legitimum*, que posee toda especie según la Lógica de Port Royal, y el *nomen essentiale* aristotélico, no aplicable en numerosos casos (Papavero *et al.* 1997: 182).

Clasificar por *clusters* supone la existencia de condiciones suficientes, mas no necesarias, en la fijación del referente convencional de una especie; por ello, constituye una propuesta de *esencialismo disyuntivo débil* (Richards 2010: 156, 212), dado por relaciones de similitud, en oposición al *esencialismo conjuntivo fuerte*, dado por una relación de identidad característica estricta. La discusión ontológica parece haberse decidido en favor de definir a las especies como individuos; pero persiste el problema epistemológico de encontrar criterios operacionales para su demarcación. Hay dos razones fundamentales y correlacionadas, para argumentar que diversas representaciones típicas según TtNE, lo son en realidad según TJW:

- i) Existe variación intraespecífica entre organismos, poblaciones y razas geográficas, que puede ser mayor a la variación interespecífica, *i.e.* por implicación, no hay criterios claros ni uniformes para determinar grados de diferencia que diagnostiquen aislamiento reproductivo completo.
- ii) La clasificación biológica es por similitud, no por identidad. La inmensa mayoría de investigadores en sistemática usan TJW, *i.e.* detección de FäW, como criterio operacional en la demarcación de especies, mediante análisis de distribución de sus caracteres. Dicho de otro modo, la clasificación biológica no forma clases de equivalencia.

En matemáticas, una *relación n-aria* es un subconjunto del producto cartesiano de *n* clases. Una relación binaria, definida en una clase, es *de equivalencia* si y solo si es reflexiva, simétrica y transitiva. Esto constituye una generalización de las propiedades de la relación de igualdad o identidad, que es su ejemplo paradigmático. Las relaciones de equivalencia inducen una *partición* de la clase, en la que cada uno de sus elementos pertenece a alguna y solo una parte. Esas propiedades son los *desiderata* usuales para una clasificación; en sistemática, se querría que ninguna especie, como clase, fuese de extensión vacía (*i.e.* sin organismos), que todos los organismos pertenezcan a una y solo una especie y que la lista de especies sea un inventario total de la diversidad organismica. Esto sólo sería posible si conociésemos el total de especies, y la relación entre organismos coespecíficos fuese de identidad característica o formal, como postula la homología *sensu* Owen (1843, 1846). Pero no parece ser así: no conocemos el total de la diversidad de los organismos que varían en sus formas. La relación con que de hecho agrupamos organismos, es de *similitud*; la cual, es reflexiva y simétrica, pero no necesariamente transitiva (Suárez 2003: 31).

Este problema sólo afecta a TtNE bajo el concepto oweniano de homología como identidad característica

estricta, sin variación. Breidbach interpretó al *Gestalt* goetheano como invariantes de una colección de patrones, que al poder ser transformados uno en otro, forman una clase de equivalencia (Breidbach y Vercellone 2015a: 105–110). Sin embargo, Bortoft (1996: 82–85, 98) considera un error filosófico e historiográfico común el adjudicar un sentido ‘analítico’ y estático a las nociones holistas y dinámicas de la morfología goetheana. Los *Urphänomene* son fenómenos concretos y directamente observables; cuyo estudio fenomenológico escrupuloso, permite intuir leyes metamórficas que expresen la totalidad de posibles manifestaciones de una forma o *Gestalt*, *i.e.* su intervalo de variación (Bortoft 1996: 82–85, 98). Ante la variación fáctica, cuya consecuencia es que se clasifique por similitud, se elucida que *Urformen* goetheanas, reconocibles por TtNE debilitado, puedan clasificarse por TJW mediante FäW wittgensteinianos.

*Fidelidad con la Naturaleza Goetheana (TtNG)*. Plaud (2010) ofreció un estudio comparativo de las concepciones goetheana y wittgensteiniana de cientificidad, según los principios que fundamentan sus metodologías respectivas. La clave del argumento de Plaud, consiste en la distinción entre el objeto de representación goetheana, *i.e.* el *Urphänomen* o ‘fenómeno primitivo’, de su representación en una teoría, *i.e.* la *Urbild* o ‘imagen primitiva’ (*primal picture*) del mismo (Plaud 2010: 35). El núcleo de la crítica wittgensteiniana a la *Urbild*, se basa en su supuesto ‘esencialismo peligroso’ (*dangeorus essentialism*), que suprime la variabilidad fáctica y aleja a la ciencia de la realidad. Como remedio, Wittgenstein propone la mirada sinóptica de sus FäW, *i.e.* esencialismo disyuntivo débil, que él mismo aplica al estudio científico de ‘juegos del lenguaje’ (*Sprachspiel*). Plaud (2010: 36) muestra que la ciencia goetheana se demarca, no en función de lo representado, sino a través de su modo de representación clarificatoria en la *Urbild*; así, Plaud subsume epistemológicamente los FäW al método científico-morfológico de Goethe, como demarcadores de cientificidad.

Los FäW del TJW son un recurso útil en la demarcación (no definición) de especies y grupos naturales superiores en filogenética, debido al fenómeno ubicuo de la heterobotmia (Hennig 1965, 1966) o superposición de caracteres de acuerdo con la formulación de Dollo en 1895 (Rieppel 2016: 75-77, 294). Por otro lado, los esquemas letrados de Llorente-Bousquets y cols., al representar tanto invarianza como transformaciones estructurales, serían científicos por TtN goetheana. En la sección TJ previa se dijo que TJW se asemeja a una TtN enriquecida con una reinterpretación gradualista, dinámica o procesual; refiérase a ella como *Fidelidad con la Naturaleza Goetheana* y abréviase como sigue; **TJW** = Juicio Entrenado Wittgensteiniano (detectar FäW) **TtNG** = Fidelidad con la Naturaleza Goetheana (TtN gradualista o dinámica).

Según el argumento de Plaud, TJW es un subcaso de TtNG, *i.e.* TJW  $\rightarrow$  TtNG. TtNE, como esencialismo disyuntivo fuerte, es subcaso de TJW, y entonces también

de TtNG. Si consideramos que TtN es un caso de TtNG para fenómenos de variación nula o proceso instantáneos, tenemos también que TtN  $\rightarrow$  TtNG; teníamos ya que TtN  $\rightarrow$  TtNE. Para que el conjunto de relaciones sea coherente, es necesario que TJW ocupe un lugar lógico intermedio entre TtNE y TtNG.

#### Modelo extendido de virtudes epistémicas (D&G+).

Como producto de estas elucidaciones, se presentan de manera sinóptica los nuevos significados propuestos y las relaciones lógicas entre virtudes epistémicas de los modelos, original y extendido, de Daston y Galison (Figura 3). Se propone abreviar cada modelo del siguiente modo: **D&G** = Virtudes epistémicas de Daston y Galison (2007); **D&G+** = Virtudes epistémicas de Daston y Galison (2007) extendido. A continuación, se aplican ambos modelos al proceso de producción de imágenes exocoriónicas de Llorente Bousquets y cols.

## DISCUSIÓN

**Virtudes epistémicas en la historia y producción de imágenes exocoriónicas.** Daston y Galison presentaron su lista de cuatro virtudes epistémicas según su orden de aparición histórica, asociadas con el surgimiento de tecnologías de producción de imágenes:

**TtN  $\rightarrow$  MO  $\rightarrow$  SO  $\rightarrow$  TJ**

Este orden sucesivo corresponde relativamente bien con el orden de aparición histórica de los estilos de representación exocoriónica: i) quirografías, que ejemplifican TtN; ii) fotomicrografías del estereoscopio e imágenes del MEB, que ejemplifican MO; iii) intervención de fotomicrografías e imágenes obtenidas a partir del MEB, que ejemplifican TJ; SO no interviene, al no ser representacional, a menos que se adjudique cientificidad por SO a árboles filogenéticos posibles obtenidos por caracteres exocoriónicos. Esto último requeriría un fundamento hennigiano estricto, ontológico y epistemológico, lo que no es la norma; por el contrario, puede hablarse de una posible crisis de cientificidad en cladística, debido a la implementación infundada de algoritmos computacionales (Fitzhugh 2006, Hamilton 2014, Rieppel 2014); los cuales, en todo caso, justifican su cientificidad a través de MO.

Este orden histórico no corresponde con el orden de uso de estilos en la producción de imágenes exocoriónicas por Llorente-Bousquets y cols. Esa discrepancia de orden no es problemática, pues el orden de aparición histórica de las virtudes no determina su lugar en una cadena de producción pictórico-conceptual. Lynch y Woolgar (1990: 8) recomendaron no interpretar representaciones en sucesión, o de estilos naturalista o abstracto, como etapas sucesivas de alejamiento o aproximación (monótona) al objeto real, sino solo como relaciones transformativas entre representaciones, cual dispuestos en una ‘línea de ensamblaje’ de objetos epistémicos. La secuencia básica de producción y uso de las imágenes exocoriónicas, por parte de Llorente-Bousquets y cols., según el modelo D&G es la siguiente:

## MO → TJ → TtN

*Grosso modo*, sus imágenes exocoriónicas transitan por las siguientes etapas: i) fotomicrografías e imágenes del MEB, correspondientes con MO; ii) quirografías descriptivo-realistas, a partir de las imágenes MO anteriores, correspondientes con TJ, y iii) esquemas letrados, en armonía con el apartado verbal, mediante señalización y con la adición de glosarios y tabulaciones, correspondientes con TtN. SO intervendría en la eventual propuesta de hipótesis filogenéticas completas; pero Llorente-Bousquets y cols. no se ocupan de esto por ahora. Este primer diagrama lineal es aún muy inexacto, en consideración del carácter periódico o cíclico de ciertos pasos del proceso. Con excepción del primer paso (MO), TJ incide retroactivamente en casi todo el proceso, a través de la revisión crítica y colectiva de quirografías realistas, esquemas, tabulaciones y glosarios, conforme se avanza en la redacción del texto. Una mejor rendición del proceso en conjunto, con sus virtudes epistémicas correspondientes, puede representarse en un diagrama de flujo (Figura 4).

Superpuesto sobre el diagrama de flujo, el modelo D&G permite visualizar aspectos generales en la división del trabajo conceptual, según la distribución de virtudes epistémicas en los tres estilos representacionales (quirografía, fotomicrografía y MEB). Sin embargo, D&G muestra problemas importantes de imprecisión. El esencialismo conjuntivo fuerte de TtN funciona en representaciones esquemático-idealizadas; pero realmente no ocurre en la práctica, pues se levantan y estudian caracteres solo por similitud, propia de TJW. TtNE, como esencialismo *simpliciter*, puede incidir en otros aspectos del proceso, *e.g.* en la redacción de glosarios, al proponer definiciones intensionales de caracteres o estructuras. La relación retroactiva del texto con las quirografías, puede introducir AO —o por lo menos PAO— en las mismas. TtNG es operativa, toda vez que se representen principios metamórficos de caracteres, así como en su interpretación filogenética y vertida en cladogramas. Conviene entonces visualizar nuevamente el diagrama a la luz de D&G+ (Figura 5). Pueden hacerse distinciones adicionales, al tomar la sección de producción de imágenes del proceso desglosado en la Figura 1 y aplicar D&G+ (Figura 6):

Aspectos notables en la aplicación de D&G+ incluyen:

- i) Fotografías y MEB son científicos por OM y AO.
- ii) Quirografías descriptivo-realistas son científicas por TJ, TJW y PAO.
- iii) Esquemas letrados son científicos por TtN, TtNG, TJW, y PAO.
- iv) Hay solapamiento de virtudes en fases y estilos de imágenes distintos (forman un FäW).
- v) El solapamiento preserva relaciones lógicas entre virtudes, *e.g.* TtNE → TJW.
- vi) TJW señala el uso de la similitud, en general, o de generalizaciones pese a variación.
- vii) TtNG señala interpretaciones dinámicas y/o procesuales de caracteres, en general.

- viii) ‘Retroalimentación’ de PAO, del texto hacia las imágenes, al buscar su correspondencia mutua y realizar representaciones ‘puente’ (esquemas letrados, tabulaciones, glosarios),
- ix) Solo la fase inicial tiene dominancia de objetividad, por MO y AO.
- x) El Juicio Entrenado TJW incide también en el tratamiento digital de imágenes mecánicas, así como en la elección de ejemplares y de tecnologías automatizadas para su escrutinio.
- xi) TtNE suele reducirse a TJW en la práctica (esencialismo conjuntivo fuerte a disyuntivo débil).
- xii) El Juicio Entrenado TJW domina el proceso en conjunto.

*Sobre los puntos (i–iii).* Las virtudes epistémicas de D&G+ se distribuyen de manera coherente en sus tres estilos de representación exocoriónica asociados: fotomicrografía y MEB proveen objetividad (MO, AO); las quirografías descriptivo-realistas proveen Fidelidad con la Naturaleza y Juicio Entrenado (TJ, TJW); los esquemas letrados también proveen ambos, con mayor dominancia de Fidelidad con la naturaleza (TtN, TtNG, TJW).

*Sobre el punto (iv).* Como cabía esperar, hay solapamiento de virtudes epistémicas en imágenes que combinan diversos estilos representacionales. Sin embargo, el conjunto no presenta un desorden contradictorio, sino que se solapan (o comparten) de manera coherente; pueden estudiarse como un FäW. El solapamiento *per se* también es indicativo de que tareas epistémicas diversas pueden realizarse a través de estilos distintos, y de que ciertos estilos son más versátiles que otros, al poder realizar más tareas epistémicas o realizarlas mejor. De manera inversa, muestra que ciertas labores epistémicas solo pueden realizarse con representaciones de cierto estilo, *e.g.* la objetividad en estudios exocoriónicos solo puede obtenerse a través de la fotomicrografía y del MEB. Los diagramas letrados son las imágenes con mayor carga de labor epistémica en los trabajos de Llorente-Bousquets y cols.; esto no sorprende, pues son la fase final de su proceso de trabajo conceptual y representación pictórica, que reúne información de todas las representaciones anteriores. Los otros dos puentes pictórico-verbales más importantes son los glosarios y cuadros o tabulaciones. En principio, la inclusión alternativa de tabulaciones en el apartado de imagen, en lugar de en el apartado verbal, se justifica por las relaciones sinópticas que posibilita su presentación —propriadamente espacial— en filas y columnas.

*Sobre el punto (viii).* PAO se refiere, en general, a los procesos y resultados representacionales que los investigadores realizan en aras de maximizar la intersubjetividad de su trabajo, dentro de comunidades epistémicas regidas por normas. En el caso de Llorente-Bousquets y cols., estas comunidades incluyen: lepidopterólogos, filogenetistas, fisiólogos, biólogos del desarrollo, coleccionistas, filósofos, diseñadores, ilustradores y artistas, entre los principales. De ahí la

necesidad de la cláusula *ceteris paribus*, pues tiene sentido teórico hablar de intersubjetividad *simpliciter*, descontextualizada, *i.e.* AO; aunque en la práctica, no es muy probable que pueda lograrse. La retroalimentación del apartado verbal hacia las imágenes, a través de correcciones iteradas y cíclicas, se realiza en las dimensiones epistémica y ergonómica de esas imágenes (Barceló 2016). En ambas dimensiones, la virtud rectora es PAO en la medida en que la retroalimentación apunta hacia la obtención de un producto final: el artículo de investigación, que deberá ser escrutado de manera intersubjetiva por comunidades epistémicas de diversa índole y en contextos variados.

*Sobre el punto (ix).* Que el uso de fotomicrografía o del MEB provean de ‘objetividad’ puede ser cuestionable, según como esta se conciba, *e.g.* Chalmers (2015) critica la objetividad del MEB, al mostrar que su aplicación e interpretación incorporan la carga teórica del instrumento mismo, *i.e.* teorías sobre electromagnetismo, dispersión electrónica y su interacción distinta con materiales diversos. Esto sólo vulneraría su ‘objetividad’ si se entiende como eliminación de la carga teórica de la observación; lo cual es insostenible desde Kant y no corresponde con ningún modo de objetividad elucidado en este estudio. MO sólo estipula ‘minimizar subjetividad’, en la medida en que la producción automatizada de imágenes reduce las libertades del sujeto en la representación de fenómenos concretos (no de un nómeno u objeto preteórico). Por otro lado, AO y PAO estipulan ‘maximizar intersubjetividad’ precisamente en atención a un marco teórico y normativo, dado por leyes representacionales e interpretativas de clases de fenómenos. Visto así, la carga teórica del MEB es ortogonal a su cientificidad según MO, pero instrumental en su cientificidad según AO o PAO, al fundamentar el establecimiento de estándares en su uso y en la interpretación de sus productos. Dicho de manera general, la carga teórica de la observación, potenciada o no por herramientas automatizadas, no es un lastre para la objetividad AO, sino su condición de posibilidad: es lo que le da su apriorismo y normatividad definitorios.

*Sobre los puntos (v–vii), (x–xii).* El mapeo de D&G+ en los diagramas de las figuras 4–6, no consideró las relaciones lógicas entre virtudes epistémicas. La dominancia global de TJW es consistente con la práctica taxonómica, cuyo objeto de representación es el posible mosaico heterobátmico de caracteres exocoriónicos, analizables por TJW a través de FāW. Sin embargo, si se hubiese subsumido toda aplicación de TJW a TtNG, como ocurre en sentido lógico, TtNG sería la virtud dominante a lo largo de todo el proceso (Figura 7). Esta reflexión es coherente con la teoría científica general en que se inscribe la práctica de Llorente-Bousquets y cols., a saber, morfología exocoriónica.

## CONCLUSIONES

La distribución coherente del modelo D&G+ de virtudes epistémicas según fines diversos, así como la dominancia global de TtNG (vía TJW), revelan cientificidad en la

producción y uso de imágenes exocoriónicas por parte de Llorente-Bousquets y cols., al fungir como representaciones pictóricas de un sistema de caracteres morfológicos, con el que contribuyen a la compleción explicativa de eventuales hipótesis filogenéticas, al representar secuencias y posibles tendencias en los caracteres exocoriónicos.

Al prescindir de las relaciones lógicas entre virtudes durante su mapeo inicial en el diagrama de flujo, el punto (v) es un resultado experimental que puede interpretarse de dos modos: la investigación de Llorente-Bousquets y cols. ‘corroborar’ las relaciones lógicas de D&G+, o bien, D&G+ explica la cientificidad de sus imágenes. La primera opción no tiene sentido, pues la lógica interna de D&G+ no requiere corroboración empírica alguna, ya que la transitividad de la implicación estricta es una regla válida, dada por sus propiedades como relación de orden parcial. El modelo es consistente y así aplicable, entonces lo que puede fallar es la correspondencia entre las definiciones propuestas de sus virtudes y su operación durante la práctica científica; en cuyo caso no sería *de facto* un buen modelo de cientificidad.

Tal vez la lección más importante de D&G y D&G+, sea que la pregunta epistemológica sobre la cientificidad de una representación, no depende de su relación con el objeto preteórico y pre-representacional (lo que sería propiamente una discusión ontológica sobre realismo), sino sobre su manera de representar objetos teóricos para alcanzar fines epistémicos diversos. Daston y Galison enfatizan que su lista de virtudes epistémicas no constituye un modelo reemplacionista, sino acumulativo. D&G no cuenta una historia de superación progresiva de virtudes epistémicas, ni de representaciones inconmensurables; sino una historia de proliferación de tecnologías y estilos de representación pictórica en la práctica científica. Virtudes distintas suelen tener mayor o menor dominancia que otras, según el contexto histórico-social o las fases o temas dentro la investigación en que se sitúen. En estudios exocoriónicos, cuando el fin epistémico es registrar en imágenes y escrutar los rasgos de ejemplares individuales, una imagen del MEB facilita la tarea y un esquema la torna imposible; pero si el fin es estudiar la estructura y transformación evolutiva subyacentes a caracteres exocoriónicos, la eficacia y eficiencia de estilos se invierte. Esto explica por qué una imagen ‘más objetiva’ no siempre es la mejor opción, al punto de llegar a entorpecer el avance de una investigación. En ocasiones, el uso de un estilo en particular será la clave para su progreso, como ocurrió durante el descubrimiento de la microrretícula (Hernández-Mejía *et al.* 2014, Flores-Gallardo *et al.* 2021). Por estas razones, a la manera de Lynch y Woolgar (1990), se recomienda considerar los procesos de representación exocoriónica aquí descritos, no como ejemplo de una batalla entre representaciones rivales, que compiten por representar mejor un mismo objeto, sino como una labor colaborativa, conforme a un principio de repartición del trabajo físico y conceptual. Esta colaboración ocurre, tanto entre investigadores de formaciones diversas, como entre representaciones de

estilos variados, durante la realización de fines epistémicos distintos, tras el fin común global de producir conocimiento científico.

### AGRADECIMIENTOS

El financiamiento del trabajo de gabinete referido en esta investigación fue otorgado por los proyectos DGAPAUNAM-PAPIIT (IN202415, 212418 y 220521), CONACyT 224347, CONACyT 284966, CONACyT-UCMEXUS (CN-13-591), y PAPIME (PE202820). La Facultad de Ciencias, UNAM, en su Departamento de Biología Evolutiva, nos ha apoyado durante todos estos años con instalaciones y tiempo académico para estas investigaciones entomológicas. SNU agradece al Posgrado en Ciencias Biológicas por las facilidades durante la realización de este estudio durante sus estudios a nivel de doctorado. AFG agradece la Beca Nacional CONACyT (CVU 783477), para sus estudios de Doctorado en el Posgrado en Filosofía de la Ciencia de la UNAM. Agradecemos las numerosas sugerencias y críticas de Mario Casanueva, Axel Barceló, Juan José Morrone y Gustavo Caponi, quienes ayudaron a mejorar el manuscrito. Los autores dedicamos este artículo a nuestro colega Enrique González.

### LITERATURA CITADA

- Barceló A. 2016. Las imágenes como herramientas epistémicas. *Scientia Studia*, 14(1): 45–63.
- Beckner, M. 1959. *The biological way of thought*. Columbia University Press, Nueva York.
- Bortoft, H. 1996. *The wholeness of nature. Goethe's way towards a science of conscious participation in nature*. Lindisfarne Books. Nueva York.
- Boyd, R. 1999. Homeostasis, species, and higher taxa (pp. 141–186). In: Wilson, R. (Ed.). *Species: New interdisciplinary essays*. MIT Press, Cambridge.
- Bredekamp H., V. Dünkel, and B. Schneider (Eds.). 2015. *The technical image. A history of styles in scientific imagery*. The University of Chicago Press. Chicago.
- Breidbach O. and F. Vercellone. 2015a. *Thinking and imagination*. The Davies Group Publishers, Aurora.
- Breidbach O. and F. Vercellone. 2015b. *Concepts of morphology*. Mimesis International, Milán.
- Campos, E. S. Nieves-Uribe y J. Llorente-Bousquets. 2020. Descripción del exocorion de tres especies de Coeini. *Southwestern Entomologist*, 45(4): 1091–1119. <https://doi.org/10.3958/059.045.0427>
- Carnap, R. 1969. *Fundamentación lógica de la física*. Editorial Sudamericana, Buenos Aires.
- Casanueva, M. 2009. Transmisión visual del conocimiento (pp. 213–234). En: Casanueva M. y B. Bolaños (Eds.). *El giro pictórico. Epistemología de la imagen*. Anthropos, Barcelona.
- Casanueva, M. 2017. Diagramas y esquemas en y sobre la genética mendeliana. *Methateoria*, 8(1): 83–93.
- Chalmers, A. 2003. The theory-dependence of the use of instruments in science. *Philosophy of Science*, 70(3): 493–509. <https://doi.org/10.1086/376924>
- Corominas, J. 1987. *Breve diccionario etimológico de la lengua castellana*. Gredos, Madrid.
- Darden, L. 2013 Mechanism versus causes in biology and medicine (pp. 19–34). In: Chao H., S. Chen and R.L. Millstein (Eds.). *Mechanism and causality in biology and economics*. Springer. Nueva York.
- Darwin, C. 1859. *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. D. Appleton and Company. Nueva York. 440 p.
- Daston, L. and P. Galison. 2007. *Objectivity*. Zone books, Nueva York.
- Deleuze, G. 2013. *El concepto de diagrama*. Cactus, Buenos Aires.
- Ereshfsky, M. 2010. What's wrong with the new biological essentialism? *Philosophy of Science*, 77: 674–685. <https://doi.org/10.1086/656545>
- Fitzhugh, K. 2006. The abduction of phylogenetic hypotheses. *Zootaxa*, 1145: 1–110. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1145.1.1>
- Fleck, L. 1935. *La génesis y desarrollo de un hecho científico. Introducción a la teoría del estilo de pensamiento y del colectivo de pensamiento*. Alianza Editorial, Madrid.
- Flores-Gallardo, A., S. Nieves-Uribe y J. Llorente-Bousquets. 2021. Caracteres exocoriónicos en sistemática de Papilionoidea (Insecta: Lepidoptera): importancia de las técnicas de producción de imágenes. *Dugesiana*, 28(2): 147–173. <https://doi.org/10.32870/dugesiana.v28i2.7162>
- Frege, G. 2016. *Escritos sobre lógica, semántica y filosofía de las matemáticas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Ghiselin, M. 1969. *The triumph of the Darwinian method*. Dover, Nueva York.
- Ghiselin, M. 1997. *Metaphysics and the origin of species*. State University of New York Press. Albany.
- Giardino V. 2017. Diagrammatic reasoning in mathematics (pp. 499–522). In: Magnani L. and T. Bertolotti (Eds.). *Handbook of model-based science*. Springer, Nueva York.
- Gubern, R. 2017. *Dialectos de la imagen*. Ediciones Cátedra, Madrid.
- Hamilton, A. 2014. *The evolution of phylogenetics systematics*. University of California Press, Berkeley.
- Hennig, W. 1965. Phylogenetic systematics. *Annual Review of Entomology*, 10: 97–116. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.10.010165.000525>
- Hennig, W. 1966. *Phylogenetic systematics*. Board of Trustees of the University of Illinois, Illinois.
- Hernández-Mejía B., A. Flores-Gallardo y J. Llorente-Bousquets. 2014. Morfología del corion en la subfamilia Coliadinae (Lepidoptera: Pieridae). *Southwestern*

- Entomologist*, 39(4): 853–886.  
<https://doi.org/10.3958/059.039.0416>
- Ibarra, A. y E. Zubia. 2009. Las imágenes digitales en Astrofísica: mediadores numéricos entre observación y teoría (pp. 171–188). En: Casanueva M. y B. Bolaños (Eds.). *El giro pictórico. Epistemología de la imagen*. Anthropos, Barcelona.
- Kant, I. 2009. *Crítica de la razón pura*. Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México.
- Kitcher, P. 1984. Species. *Philosophy of Science*, 51(2): 308–333.  
<https://doi.org/10.1086/289182>
- Lankester, E.R. 1870. On the use of the term homology in modern zoology and the distinction between homogenetic and homoplastic agreements. *Annals and Magazine of Natural History. Series 4*, 6(31): 34–43.  
<https://doi.org/10.1080/00222937008696201>
- Leibniz, G. 1679. On the general characteristic (pp. 221–228). In: Leibniz, G. *Philosophical papers and letters*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Linnaeus, C. 1735. *Systema naturae sive regna tria naturae systematice proposita per classes, ordines, genera, & species*. Theodor Haak, Leiden.
- Lynch, M.P. 2001. *Truth in context. An essay on pluralism and objectivity*. MIT Press, Massachusetts.
- Lynch, M. and S. Woolgar. 1990. *Representation in scientific practice*. MIT Press, Massachusetts.
- Macbeth, D. 2012. Diagrammatic reasoning in Frege's Begriffsschrift. *Synthese*, 186: 289–314.  
<https://doi.org/10.1007/s11229-012-0068-0>
- Machamer, P., L. Darden and C.F. Craver. 2000. Thinking about mechanisms. *Philosophy of Science* 67: 1–25.  
<https://doi.org/10.1086/392759>
- Martínez, S. 2009. Elementos para una epistemología de los diagramas (pp. 93–112). En: Casanueva M. y B. Bolaños (Eds.). *El giro pictórico. Epistemología de la imagen*. Anthropos, Barcelona.
- Mayden, R.L. 1997. A hierarchy of species concepts: The denouement in the saga of the species problem (pp. 381–424). In: Claridge M.F., H.A. Dawah, and M.R. Wilson (Eds.). *Species: The units of biodiversity*. Chapman and Hall, Londres.
- Netz, R. 1999. *The shaping of deduction in Greek mathematics*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Nieves-Uribe, S., J. Llorente-Bousquets, and A. Flores-Gallardo 2021. Toward standards in practices and techniques on ootaxonomy in the Pieridae (Lepidoptera: Papilionoidea). *Zootaxa*, 4985(3): 301–344.  
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4985.3.1>
- Owen, F.R.S. 1843. *Lectures on comparative anatomy*. Longman, Brown, Green, and Longmans. Londres.
- Owen, F.R.S. 1846. *On the archetype and homologies of the vertebrate skeleton*. Printed by the author. Londres.
- Papavero, N., J.R. Pujol y J. Llorente-Bousquets. 2001. *Historia de la Biología comparada. Volumen IV. De Descartes a Leibniz (1628–1716)*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Papavero, N. y J. Llorente-Bousquets. 2006. *Principia taxonomica. Una introducción a los fundamentos lógicos, filosóficos y metodológicos de las escuelas de taxonomía biológica. Volumen IX. La sistemática filogenética de Willi Hennig y la biogeografía por vicarianza*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Papavero, N., J. Llorente-Bousquets y J. Minoro-Abe. 1997. *Fundamentos de biología comparada (a través de la Teoría Intuitiva de Conjuntos) Volumen I. De Platón a Haeckel*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Papavero, N., J. Llorente-Bousquets y J. Minoro-Abe. 2009. *Fundamentos de biología comparada (a través de la Teoría Intuitiva de Conjuntos) Volumen II. El Siglo XX*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Pauwels L. 2008. An integrated model for conceptualising visual competence in scientific research and communication. *Visual Studies*, 23(2): 147–161.  
<https://doi.org/10.1080/14725860802276305>
- Plaud, S. 2010. Synoptic views vs. Primal phenomena: Wittgenstein on Goethe's morphology (pp. 31–46). In: Lemaire, E. and J. Padilla-Gálvez (Eds.). *Wittgenstein: Issues and debates*. Ontos Verlag, Frankfurt.
- Popper, K. 1962. *Conjectures and refutations. The growth of scientific knowledge*. Basic Books Publishers, Nueva York.
- Putnam, H. 1994. *Las mil caras del realismo*. Paidós Ibérica, Barcelona.
- Quine, W.V. 1951. Two dogmas of empiricism. *The Philosophical Review*, 60(1): 20–43.  
<https://doi.org/10.2307/2266637>
- Richards, A. 2010. *The species problem: A philosophical analysis*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rieppel, O. 2014. The early cladogenesis of cladistics (pp. 117–137). In: Hamilton, A. (Ed.). *The evolution of phylogenetics systematics*. University of California Press, Berkeley.
- Rieppel, O. 2016. *Phylogenetics systematics: Haeckel to Hennig*. CRC Press, Boca Raton.
- Rivera-Galicia S., S. Nieves-Uribe y J. Llorente-Bousquets. 2020. Estudio del exocorion en tres especies de Heliconiinae de México. *Southwestern Entomologist*, 45(3): 753–779.  
<https://doi.org/10.3958/059.045.0317>
- Shapiro, S. 2000. *Thinking about mathematics*. Oxford University Press, Nueva York.
- Simpson, J. 2009. *Oxford English dictionary*. Oxford University Press, Oxford.
- Stamos, D. 2003. *The species problem, biological species, ontology, and the metaphysics of biology*. Lexington Books, Lanham.
- Suárez, M. 2003. Scientific representation: Against similarity and isomorphism. *International Studies in the*



*Philosophy of Science*, 17(3): 225–244.  
<https://doi.org/10.1080/0269859032000169442>

Vitta, M. 2003. *El sistema de las imágenes. Estética de las representaciones cotidianas*. Paidós, Barcelona.  
 Weekley, E. 1921. *An etymological dictionary of modern English*. John Murray, Londres.  
 Wiley E.O. and B.S. Lieberman. 2011. *Phylogenetics: Theory and practice of phylogenetic systematics*. Wiley-Blackwell, Nueva Jersey.

Recibido: 2 de mayo 2022  
 Aceptado: 22 de junio 2022

Williams, D. and M. Ebach. 2014. Patterson’s curse, molecular homology, and the data matrix (pp. 151–1187). In: Hamilton, A. (Ed.). *The evolution of phylogenetics systematics*. University of California Press, Berkeley.  
 Wilkins, J. 2009. *Species: A history of the idea*. University of California Press, Los Angeles.  
 Wittgenstein, L. 2004. *Investigaciones filosóficas*. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.  
 Zachos, F.E. 2016. *Species concepts in biology historical development, theoretical foundations and practical relevance*. Springer, Viena.

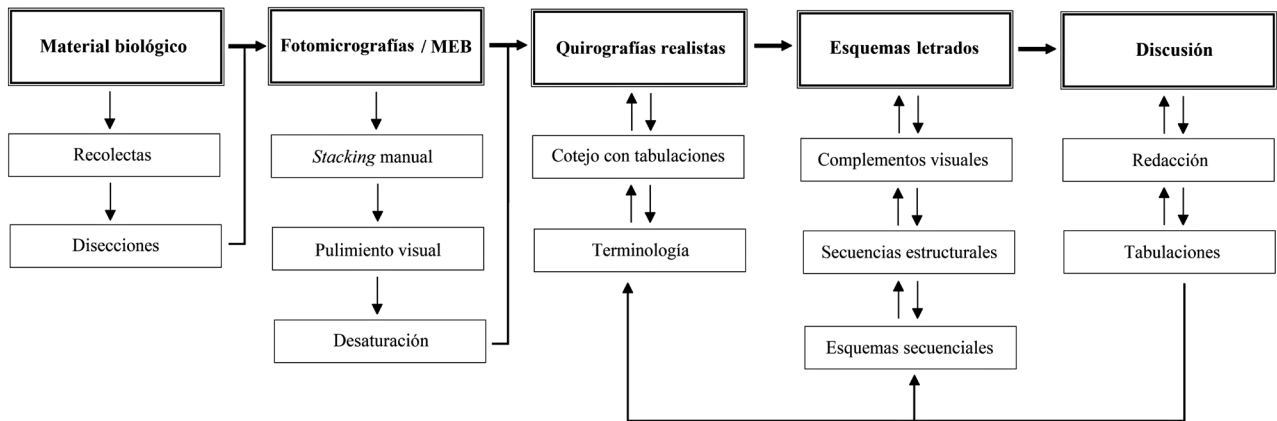


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso desglosado de elaboración de imágenes en la propuesta de estudios exocoriónicos de Llorente-Bousquets y cols. (Modificado de Flores-Gallardo *et al.* 2021).

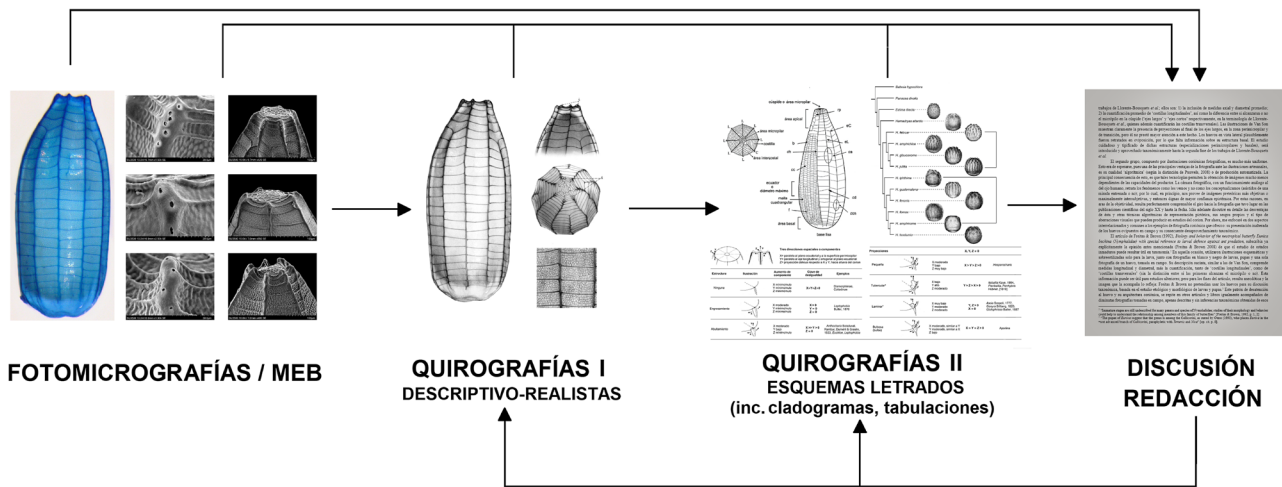


Figura 2. Diagrama de flujo de producción y uso de las imágenes en la propuesta de estudios exocoriónicos de Llorente-Bousquets y cols.

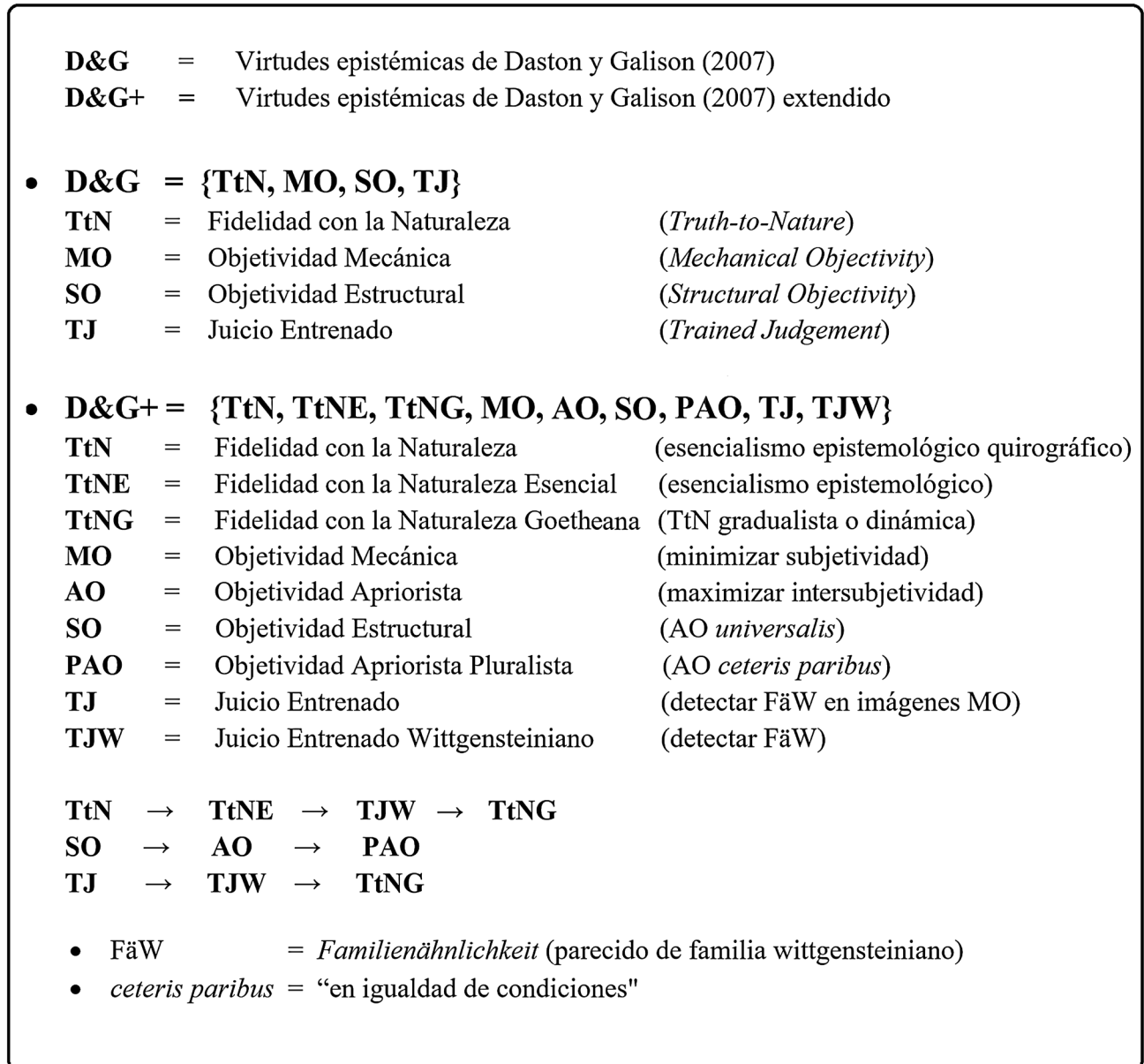


Figura 3. Resumen de abreviaturas en los modelos D&G y D&G+ de virtudes epistémicas, con sus relaciones lógicas respectivas.

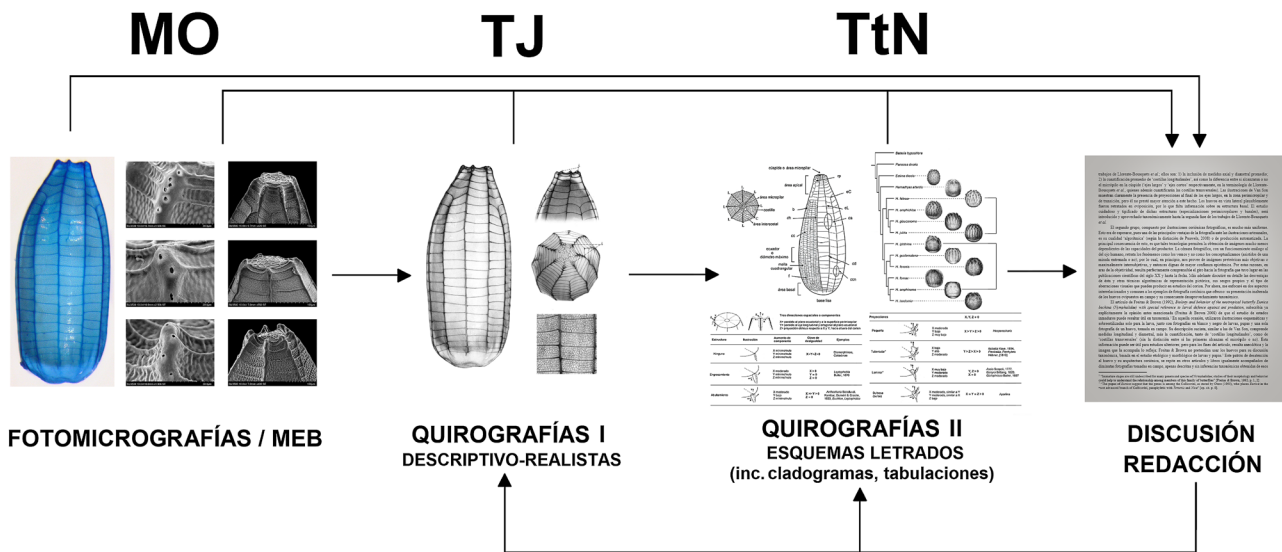


Figura 4. Diagrama de flujo de producción y uso de imágenes exocoriónicas, en la propuesta de Llorente-Bousquets y cols., acompañado de las virtudes epistémicas del modelo D&G que se ejemplifican en el proceso.

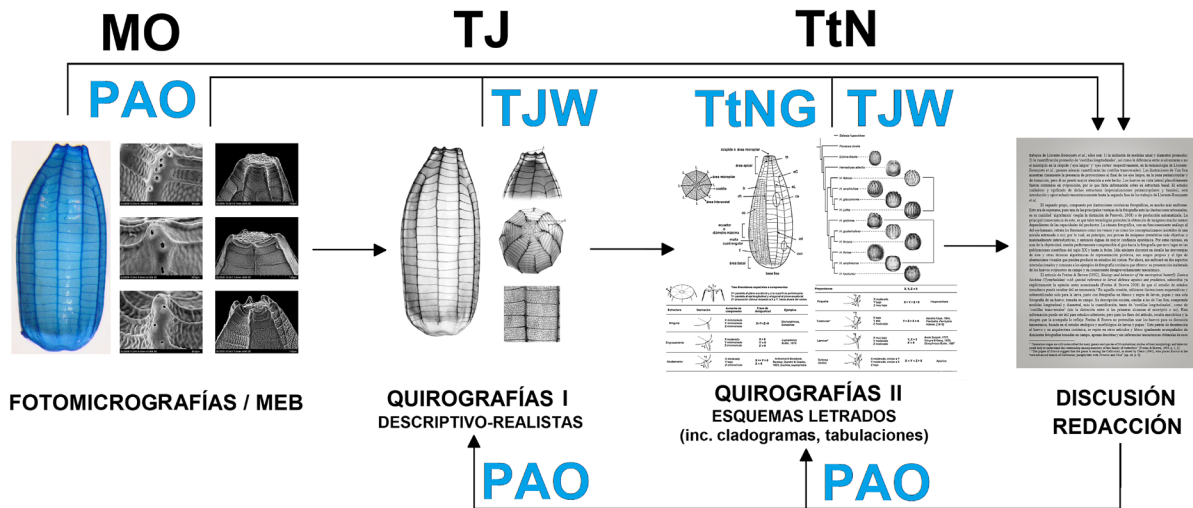


Figura 5. Diagrama de flujo de producción y uso de las imágenes exocoriónicas, en la propuesta de Llorente-Bousquets y cols., acompañado de las virtudes epistémicas del modelo extendido D&G+ que se ejemplifican en el proceso.

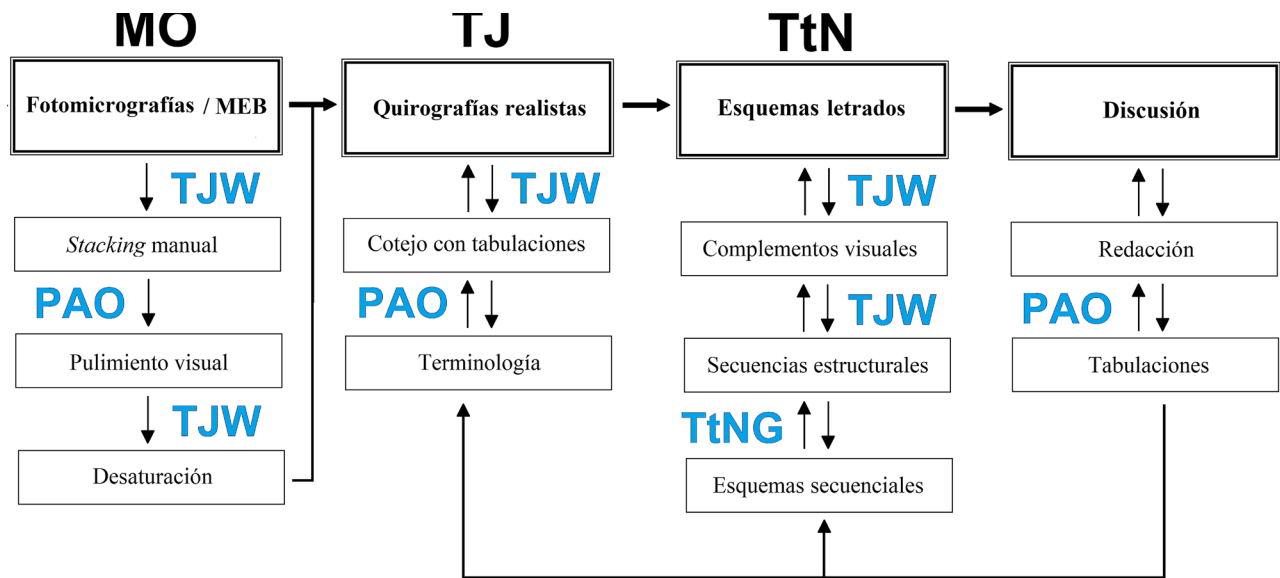


Figura 6. Diagrama de flujo desglosado de producción y uso de imágenes exocoriónicas, en la propuesta de Llorente-Bousquets y cols., acompañado de las virtudes epistémicas del modelo extendido D&G+ que se ejemplifican en el proceso.

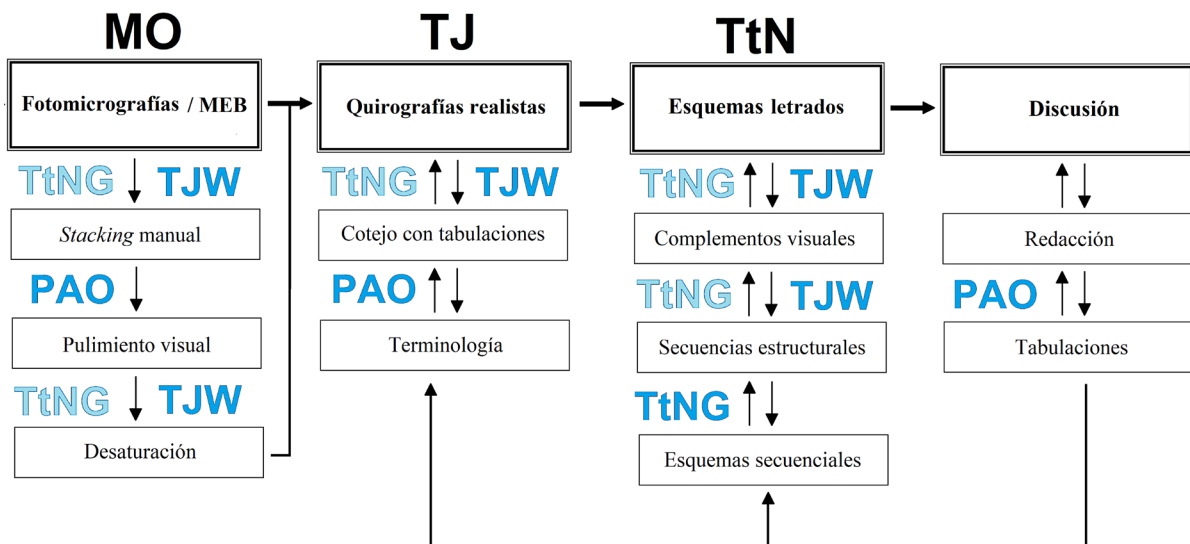


Figura 7. Diagrama de flujo desglosado de producción y uso de imágenes exocoriónicas, en la propuesta de Llorente-Bousquets y cols., acompañado de las virtudes epistémicas del modelo extendido D&G+ que se ejemplifican en el proceso, con dominancia global de TtNG, implicada por TJW.