

*Nota: Las aportaciones publicadas son reproducción de las enviadas por los autores sin que los editores se hagan responsables de la autoría intelectual total o parcial de las mismas. Asimismo, el copyright de las imágenes y los textos son propiedad de los autores que los firman.*

*La Educación Artística como Proyecto Común Europeo*  
*Editores Científicos    Zacarías Calzado Almodóvar*  
*Rodrigo Espada Belmonte*  
*Guadalupe Durán Domínguez*

Edición Mayo de 2011

**Edita:**

Plinto Ed.  
Facultad de Educación  
Universidad de Extremadura  
Avda. de Elvas, s/n  
Badajoz

**I.S.B.N.:** 978-84-693-9885-2

**Depósito Legal:** BA-7/6/10

<i>JUGAMOS: RECICLAMOS Y APRENDEMOS. UNIDAD DIDÁCTICA INTERDISCIPLINAR. PARA 6º DE PRIMARIA</i>	
Autores: M <sup>a</sup> Josefa Vázquez Rafael, Ventura García Preciado, Margarita Villalba Egea	361
<i>EL DIBUJO EN BACHILLERATO, TÉCNICA EXPRESIVA PARA LOS ADOLESCENTES. EL DIBUJO CON TINTA Y LEJÍA.</i>	
Autora: Beatriz Gallego Sola	367
<i>EL POTENCIAL DE LA MEMORIA DE LA FORMA EN LA ENSEÑANZA DEL DIBUJO: UNA PROPUESTA METODOLÓGICA EN LA FORMACIÓN DE PROFESORADO DE EDUCACIÓN PRIMARIA.</i>	
Autora: Cristina Rusiñol Sos	373
<i>MOSAICO: TÉCNICA ARTÍSTICA Y CONSTRUCTIVA PARA UNA EDUCACIÓN SOCIAL. EL GRAN OLVIDADO.</i>	
Autora: Silvia Piedad Pozuelo Cabezón	380
<i>LA CREATIVIDAD PUBLICITARIA COMO RECURSO EN LA EDUCACIÓN ARTÍSTICA</i>	
Autora: Aída María de Vicente y Domínguez	387
<i>LOS CREADORES DE JUEGOS</i>	
Autora: Olalla Cortizas Varela	397
<i>PEDAGOGÍA ESTÉTICA DE LA VISUALIDAD CIENTÍFICA</i>	
Autor: Javier Domínguez Muñino	407
<i>EXPERIENCIA DOCENTE ENTORNO A LA GEOMETRÍA: ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE UNA FIGURA DEL NATURAL</i>	
Autor: D. Andrés Jesús Naranjo Macías	416
<i>LAS TIC Y LA ENSEÑANZA ARTÍSTICA EN EL AULA: EL USO DE NUEVOS ESPACIOS VIRTUALES PARA LA COMPRESIÓN Y EL DESARROLLO DE CAPACIDADES.</i>	
Autores: Fernando Rico Delgado y Noelia Melero Aguilar	423
<i>ARTE CONTEMPORÁNEO EN EXTREMADURA</i>	
Autora: María Jesús Manzanares	437
<i>“EL MUSEO DE LOS COLORES”, UNA PROPUESTA INTERDISCIPLINAR EN LA ESPECIALIDAD DE MAESTRO DE EDUCACIÓN INFANTIL EN LA UNIVESIDAD DE ALMERÍA</i>	
Autoras: Adoración Sánchez, Antonia Rodríguez, Asunción Bosch	453
<i>EFICACIA DE LA ARTETERAPIA EN RELACIÓN AL CONJUNTO DE PROGRAMAS PENITENCIARIOS DE REHABILITACIÓN.</i>	
Autora: Pilar M <sup>a</sup> Domínguez Toscano	462

## ***PEDAGOGÍA ESTÉTICA DE LA VISUALIDAD CIENTÍFICA***

**Autor:** Javier Domínguez Muñino

Universidad de Sevilla

### **Resumen:**

El Nanoarte es una disciplina donde confluyen arte, ciencia y tecnología de modo que una sensibilidad involucrada persigue captar la belleza invisible de unas formas que sólo el microscopio puede devolvernos a la retina. La comprensión de los procesos que sus técnicas comprometen, es un episodio sine qua non para el análisis de la naturaleza del imaginario que se desprende, y con él, de una nueva estética o catálogo formal donde las cualidades visuales trascienden la noción clásica de lo percibido y representado en el lienzo virtual. Cumpliendo el sondeo de otras escalas dimensionales ajenas a la propia humana, se articula un nuevo brazo cognitivo en beneficio de ampliar cosmovisiones que transforman el nanomundo en un mundo codificado para ser contemplado.

### **Abstract:**

*The Nanoart is a discipline where art, science and technology come together so that an involved sensibility chases catches the invisible beauty of a few forms that only the microscope can return to us to the eye. The comprehension of the processes that his technologies compromise, is a necessary episode for the analysis of the nature of the imaginary one that parts, and with him, with a new aesthetics or formal catalogue where the visual qualities come out the classic notion of the perceived and represented in the virtual linen. Fulfilling the poll of other dimensional scales foreign to the own one it humanizes, a new cognitive arm is articulated in benefit of extending cosmovisions that transform the nanoworld into a world codified to be contemplated.*

**Palabras-clave:** Nanoarte; Microscopía; Arte-Ciencia-Tecnología; Escala; Dimensión.

La creatividad es un rasgo ineludible del pensamiento humano; un medio, una herramienta natural, que nuestro cerebro sabe y quiere utilizar para canalizar todas aquellas disposiciones del intelecto: artes plásticas, visualidad, ideas y teorías científicas, diseño de estrategias tecnológicas, postulados filosóficos, cosmovisiones, lenguajes... Pues para resolver un problema, hay que ser creativo; hay que saber convertirlo y amoldarlo a nuestras estructuras; ergo es imprescindible utilizar la imagen (el canal de la visualidad) para hacer aquel objeto de pensamiento más transmisible, comunicable, empaticable y versátil. Esto hace que el objeto porblematizado adquiera funcionalidad u operabilidad.

La visualidad implica la destilación de una estética como reclamo atractivo a la mirada de los sujetos expectantes. El territorio de la imagen se perfila impositivo y necesario para nuestra fisiología perceptiva (Zeki, 2005). Por ello, la creatividad resulta funcional; un medio natural en el proceso de construcción, lectura y comprensión de la physis que nos circunda y en que habitamos.

Este enfoque construccionista de la realidad y el conocimiento (la cuestión de la episteme sobre la physis) atribuye a la imagen un valor de nexo común a cuantas disciplinas humanas se precien a conocer la materia que nos funda y constituye. El triángulo intelectual que, casi atemporalmente, exhibe la condición humana (Arte, Filosofía y Ciencia) nos explica por vías naturales el acontecimiento de la interdisciplinariedad, comprendida como una necesidad natural del propio sistema cognitivo comportado.

La realidad es objeto del conocimiento humano al mismo tiempo que es objeto de proyección, y lugar, del conocimiento humano. La entidad real se despliega como escenario donde suceden todos los fenómenos,

incluyendo el mismo fenómeno cognitivo acerca de ellos mismos. Pues no podemos más que conocer la realidad en el lugar ontológico de la realidad la cual, en este sentido, adquiere simultánea e indisolublemente los roles de objeto y circunstancia (propio objeto y lugar del objeto).

La conclusión medular de este enfoque positivista es que todo conocimiento de la physis se gesta y desarrolla endógenamente; se autocontiene en el modelo de un solo escenario posible. Y en su cauce, se condicionan las formas de ser, entender e interpretar el mundo aplicándose a todas sus escalas (el macromundo y el micromundo).

El sistema constructorista apela a un comportamiento de lo real en que sus distintos elementos se hallan en continua interacción, siendo todo discurso una construcción que depende de las múltiples variables del escenario dado: facultades del cognoscente, características de la muestra observada, y circunstancias de la observación.

Este modo de construcción discursiva supone el matriarcado de las cosmovisiones imperantes en cada momento o contexto histórico. Pues todo discurso, en términos foucaultianos, en cualquier área disciplinar, es una compilación cultural donde han influido experiencias humanas (Foucault, 2008). Luego la noción de objetividad entendida como “ausencia de participación” se evapora para prevalecer únicamente como criterio específico dentro de los métodos disponibles de participación humana. La realidad se presenta, en el sistema referido, ya objetivada ante nosotros; construida por un orden de objetos que han sido designados como “objetos” antes de aparecer en escena el propio sujeto espectador y actor. Y el lenguaje proporciona continuamente las objetivaciones necesarias disponiendo aquel orden dentro del cual éstas adquieren sentido (Berger y Luckman, 1986).

Tal premisa esclarece que el conocimiento sobre cualquier escala de la materia se disponga dentro de los márgenes de los sistemas de representación (visual) dominantes en cada época. Por lo que conocemos o visualizamos un escenario en la medida en que ese mismo escenario nos condiciona y permite ejercer esta actividad epistémica. Por ejemplo, el mismo modo en que la materia nos permite fabricar las tecnologías microscópicas para transmitirla en el canal visual, ya influye y condiciona directamente en cómo el hombre pueda, en efecto, visualizarla y, por ende, continuar imaginando en base a ella. Es, por esto, que el diseño tecnológico marcará las sendas de los futuros imaginarios sobre los que edifiquemos las próximas teorías intelectuales.

Asimismo, se ven influidas todas aquellas cualidades visuales que, en microscopía, definen el paisaje de un imaginario específico, valorado tanto por científicos como artistas, estetas, divulgadores y público. Resulta, en consecuencia, una imagen de tipología holística que comprende un lenguaje unificador, contextualizada en el sistema interdisciplinar ACT (Arte, Ciencia y Tecnología).

La herramienta de la metáfora es un paradigma especial en dicho sistema constructorista. La metáfora, igualmente empleada en un discurso textual o gráfico-visual, se entiende como un amplio instrumento que el hombre esgrime para esquematizar o visualizar mentalmente el ideario creativo que cultiva y formula. Ya sea una teoría matemática, un diagrama dibujado, o una escultura a organizar materialmente en el espacio; la metáfora siempre confluye en cumplir la presencia de un “esquema imaginístico” (Bustos, 2008).

Esta condición imaginística responde a una estructura abstracta que, mediante proyecciones metafóricas, aporta significado a una representación visual. Arte y ciencia comparten, en efecto, el mismo canal visual con la representación de la imagen. Aunque esta capacidad engendra un conjunto de imágenes de diferente orientación práctica, uso y objeto aplicativo, es común a todas las representaciones visuales su naturaleza interpretativa del mundo físico. Por lo que la funcionalidad de la imagen queda abierta al uso que ésta experimente tras su obtención, desde una posición subyacente en que rige su esencia geográfica por encima de la anécdota disciplinar.

Partiendo del contexto positivista en que se desarrollan las premisas y actividades que se extienden, habita la idea fundamental de que tanto el ser humano como el resto de la materia disponible adonde éste lanza su mirada cognitiva, se componen de las mismas sustancias elementales: denominadas cuantos o corpúsculos (las estandarizadas partículas subatómicas). Por ello, se puede afirmar que la materia es autótrofa en cuanto un estado altamente complejo de la misma (el cerebro del homo sapiens s.) conoce el resto de estados, más

simples o complejos, de la misma (estrellas de neutrinos, células, planetas, moléculas, átomos, quarks, plantas, virus, bacterias...).

En este mapa, el hombre es una mera combinación con una diferente escala temporal de perdurabilidad que aquella correspondiente a los elementos más simples y por lo general efímeros (aunque en ocasiones de vastísima vida estable) que, combinados, lo constituyen; formándose confinamientos de quarks, orbitales atómicos, colonias de células, tejidos especializados, etc.

Esto explica la implicación filosófica, la sensibilidad, que atribuimos a una imagen microescalar, porque dicha representación es un retrato de una parte, una zona o un momento, anterior o posterior, a nuestro propio ser y existir. Visualizar la materia es también una actividad imprescindible para que, en nuestros artefactos culturales esenciales (el Arte, la Filosofía y la Ciencia), construyamos una idea más manejable y operable del mapa de la naturaleza, de nuestra cosmovisión y de nuestra situación dentro de dicho mapa.

La condición o el diferencial multiescalar no sólo influyen en la estética destilada de unos paisajes, sino en su propio universo interno. A cada escala corresponde su propio repertorio de propiedades y fenómenos. En cada escala se producen unos acontecimientos diferentes. Es ineludible que existen lo muy pequeño (del orden de nanómetros) y lo muy grande (del orden de megaparsecs o años-luz), y que nuestra propia escala (a la que pertenecemos, y en la que somos) es ya una condición sine qua non que limita, marca y filtra cuál, cómo y cuánto va a ser nuestro conocimiento posible acerca de la materia microscópica. Esto explica que la imagen representadora de otras escalas ajenas posea un relativo grado de traducción e interpretación visual. Porque, ¿realmente se ha logrado acceder a dicho imaginario microscópico, o sólo hemos logrado diseñar un imaginario macroscópico (visible) que nos traduce e interpreta aquella presunta microrrealidad? La respuesta es de vital importancia para entender si hablamos de un imaginario, captado, o creado, y determinar el grado de creatividad involucrada en el procesamiento y obtención de un imaginario que después será tratado con valoraciones o fines artísticos.

La condición o el diferencial multiescalar también afecta a discernir aquellos rangos en los que “vemos” las cosas con o sin ayuda instrumental en que intermedien tecnologías o artefactos visuales que filtren, traduzcan o interpreten la realidad material.

Debido a que las coordenadas físicas son indisolublemente espacio-temporales (no espaciales únicamente, ya que todo desplazamiento espacial supone un coste temporal), podemos afirmar que el rango epistemológico humano es desde 1 milímetro y fracción de segundo hasta cientos de metros y cientos de segundos. Fuera de este rango o alcance, cualquier escala de la materia escapa a nuestro alcance natural, no pudiendo ser observada directamente. Y precisamente, fuera de ese rango se crece la Ciencia, más allá del empirismo directo primitivo, más allá de las posibles falacias de los sentidos. Pues lo que se extralimita de ese rango escalar sólo puede ser conocido socialmente a través de medios e instrumentos traductores. El empirismo directo es individual y solitario. La traducción es colectiva, porque se constituye y edifica en acorde con unos convencionalismos que articulan ese corpus u objeto cultural convenido al que llamamos “disciplina científica” (en términos foucaultianos). Es, por ello, la visualidad microscópica, una experiencia social o colectiva.

Bajo el postulado de Ramón Guardans, todo organismo se relaciona, comunica y conoce a través de señales epistémicas que se propagan por distintos medios hacia escalas, regiones o zonas remotas fuera de nuestro alcance dimensional (Guardans, 2009).

El autor español establece un mapa o gráfico necesario para distinguir el comportamiento de una realidad altamente compleja para su conocimiento. Existen muchos procesos que acontecen y discurren simultáneamente en diferentes escalas o zonas, y los cuales están estrechamente relacionados entre sí. Pero las señales cognitivas (lanzadas, por un telescopio a una lejana galaxia, o por un microscopio a un inaudito mundo cuántico) se desplazan a través de las coordenadas espacio-temporales con una velocidad limitada; pues dado que las cosas no están conectadas instantáneamente, sino que tardan un tiempo de conexión, la propagación de una señal epistémica será factor ineludible en la naturaleza de nuestro conocimiento acerca de la Physis.

Los mapas de esas otras estructuras son metáforas construidas con medios o artefactos visuales cuando podemos lanzar la mirada curiosa a lo microscópico o a lo telescópico, y hacerla retornar (esa mirada epistémica) de nuevo a nuestro rango o zona. Así, visualizamos eventos como el decaimiento de un mesón, el crecimiento de una flor, la tectónica de placas que dará origen a una orografía, o la muerte de una vieja estrella. Continuamente, construimos imágenes (que son metáforas y narrativas) para visualizar estos hechos. Para en la distancia “hacerlos ver”; que no “verlos”.

Esta navegación por escalas remotas a la percepción humana, surca obedeciendo a unas señales epistémicas que requieren de operaciones colectivas: equipos o comunidades científicas preparadas. También nosotros enviamos naturalmente señales a rangos remotos, como ondas de sonido o códigos genéticos que cumplen millones de años en la transferencia y transducción de la información.

En el caso de la microscopía, o de la realidad nanométrica, las señales epistémicas (que conectan distintas escalas) comprenden varias subpartes en que diseccionar su complejidad, funcionan en varios soportes, y cumplen una clara función de a veces transducción entre un punto emisor (como una nanopartícula) y un punto receptor (como el ojo humano). Pero entre ambos términos existen múltiples filtros que van transformando la naturaleza de la información: el electrón que arranca esa información la hace rebotar hacia el haz del microscopio que, previamente programado, la enviará a un software complementario que la traduzca, que la represente transformándola en imagen.

Así obtenemos una imagen óptica de un fenómeno no óptico, formando en la pantalla-mente la visión de un concepto que originalmente adviene abstracto, y que se concretiza en un lienzo virtual donde aplicaciones informáticas “decidirán” sus cualidades visuales: la resolución, el color, el brillo, el contraste, la composición por encuadre, etc. Y aquí, al término de dicho proceso, vuelve el interrogante; ¿es una imagen captada, o creada?

En esta circunstancia especial nace el concepto o figura del “artista climático” frente al ya clásico o tradicional “artista paisajista” (Malina, 2009). Mientras que el artista paisajista representa o reproduce lo sensorial, siendo su arte fruto de un acto empírico, el artista climático sensorializa la interfaz misma de unos actos mediatizados o instrumentalizados por la tecnología que un artefacto visual desarrolla. Esta nueva figura asume la fórmula de la traducción y de la posterior sensorialización del código ya traducido. Dicho rol se permite cuando la actividad creativa emana de otras actividades interdependientes en el sistema ACT (Arte, Ciencia y Tecnología). El ámbito de la interrelación le privilegia a manejar una realidad operable sólo mediante interfaces o artefactos visuales que, no representan, sino filtran, traducen e interpretan dicha realidad objetual y fenomenológica.

Volviendo a la funcionalidad de la imagen (que queda abierta al uso que experimente tras su obtención), ésta en escalas microscópicas desempeña una serie de funciones que articulan su versatilidad.

La imagen como Ilustración del discurso textual; donde lo visual adquiere un atractivo retórico para un público no versado en los conceptos literales.

La imagen como Estrategia retórica; prominente en un contexto público y social de la información divulgada. Lo que el autor español José Luis Brea denomina “visualidad globalizada” (Brea, 2005).

Debido a que estas imágenes se ubican y potencian el campo de la popularización, pueden sugerir desde un heroísmo tecnológico o logro científico hasta la inauguración de una nueva morfología y estética destiladas aún por explorar. Con frecuencia, algunos medios de difusión –que utilizan estas ayudas visuales- las presentan como espectáculos maravillosos de la naturaleza o como prueba de una hazaña científica, desplegando cierta retórica que afiance su crédito y legitimidad social.

La imagen como Instrumento cognitivo; fomenta la comprensión convirtiendo en visibles aquellas nociones abstractas a las que atribuye iconicidad. La imagen se acepta como una configuración literal, fruto de la manipulación de unos dispositivos visuales simbólicos (los microscopios y software).

La imagen como Ayuda didáctica; sirve de instrumento pedagógico en la estrategia de un proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que su potencial para describir algunos mecanismos es muy elevado. El problema

es que la imagen suele ser rechazada tras su aprendizaje teórico porque se prejuzga que no ayuda a continuar investigando. Esto se debe a la ficción reconocida en la semántica de la propia imagen, que describe un hecho que sólo ha podido ser figurado mediante un repertorio de colores artificiales o composiciones por encuadre intencionadas.

La imagen como entidad metalingüística; sirve para investigar los conceptos textuales (nociones como espacio, tiempo, vacío, simetría, orden, caos,...) siendo paradigma de una intersección disciplinar donde confluyen diferentes códigos de señales. Esto ayuda tanto a autores como docentes y alumnos a comprender que la imagen es una acción paralela al texto, y no únicamente una ilustración decorativa adyacente al texto.

La ubicación de la microscopía visual dentro de las escalas existentes se programa en la siguiente clasificación general:

Escala telescópica; desde cientos de metros hasta megaparsecs (anotamos que un megaparsec equivale a 3,26 millones de años luz). Muchas de las imágenes telescópicas son hoy iconos culturales del progreso científico conciliado con la contemplación estética del Universo y las cosmovisiones contemporáneas que de ello se derivan. En este rango, los operativos son los telescopios en su vasta gama.

Escala macroscópica; desde un milímetro hasta cientos de metros. Sus acontecimientos y fenómenos interactúan directamente con nuestro sistema visual natural (el cerebro humano y su término sensorial el ojo). Aunque para el caso de objetos del orden de 1 a varios milímetros se precisa emplear algunos dispositivos visuales (lupa binocular), esto sólo ejerce de transición entre la macroscopía y la microscopía en virtud de las facultades preservadas por el sentido de cada sujeto.

Escala microscópica; desde cientos de nanómetros hasta un milímetro (anotamos que un nanómetro equivale a una millonésima parte de un milímetro; así como una micra equivale a mil nanómetros). Es un vasto rango o zona en cuya extensión encontramos diversidad de paisajes y de artefactos. Los operativos son: el microscopio óptico (capaz de ver objetos del orden de hasta 10 elevado a -3 milímetros), el microscopio electrónico de transmisión (TEM) (capaz de hacer ver o de visualizar objetos de hasta 10 elevado a -9 milímetros, distancia equivalente a un ångstrom), el microscopio electrónico de barrido (SEM) (capaz de visualizar objetos de hasta 10 elevado a -17 milímetros en los casos de aquéllos de más alta resolución), y la familia de los microscopios de campo cercano (SPM), donde destacan el microscopio de fuerza atómica (AFM), el microscopio de fuerza túnel (STM) y otros microscopios basados en la fluorescencia (en el caso de los confocales: TIRF, 4-PI,...).

Escala nanométrica; desde un nanómetro hasta cientos de nanómetros. Se trata de una subclasificación dentro de la zona microscópica, cuya autonomía clasificatoria se ha acentuado a raíz de proliferar la Nanotecnología en que advertimos el radical cambio de comportamiento de la materia en estas dimensiones específicas. Los operativos habitualmente son AFM, SEM y TEM.

Y escala cuántica o de Planck; del orden de 10 elevado a -38 milímetros. Teorizada pero insondeable, requiere de su modelización en la representación icónica de sus acontecimientos y fenómenos objetuales.

Centrándonos en el caso de la Nanografía, describimos que el artefacto visual AFM (microscopio de fuerza atómica) funciona gracias a un chip con forma de pequeña palanca, denominada cantiléver, en cuyo extremo se encuentra una punta o sonda nanométrica también que detecta o registra el relieve, la topografía, de la muestra situada sobre un portamuestras localizado bajo dicha sonda ubicada en el cantiléver. Para realizar el registro del relieve de la muestra no se mueve la sonda, sino la propia muestra, la cual es movida por un piezo eléctrico de cuyo voltaje, sensibilidad y precisión depende lo bien o mal, lo fiel o movido, que sea registrado el relieve de la muestra. Una vez efectuado el registro topográfico, el software complementario que acompaña el artefacto AFM realiza la siguiente operación de traducción y representación, transformando unos datos numéricos sobre el relieve en datos cromáticos potencialmente visuales. Sobre una retícula espacial, en la pantalla digital, con 3 ejes respectivos ("x" o longitud horizontal, "y" o longitud vertical y "z" o altura) se despliega el lienzo virtual donde se acumularán las paletas de colores utilizadas por el nanógrafo. En dicha representación convencional, cada número original funciona como un píxel de lo que va a ser la imagen, y después le atribuye a cada valor numérico (por ejemplo, en rangos de 0 a 140 ó 250) un valor cromático correspondiente, haciendo así de la escala matemática una escala de grises o degradado cromático

a base de una paleta o tono inicial introducido –elegido de entre las paletas de color que ofrece el software). Para este proceso, el operativo más utilizado en España es el software WSXM de Nanotec Electronica.

Si, por ejemplo, introducimos el color naranja como referencia inicial o paleta para la altura media a topografiar, las alturas menores se visualizarán en tonos amarillos y las alturas mayores se visualizarán en tonos marrones. De modo que el punto más bajo tienda al blanco y el punto más alto sea el negro (o viceversa, ya que se trata de la ficción elegida en una representación gráfica de datos numéricos, y no de una imagen óptica en cualquier caso). Concretamente, la inversión permite cambiar el blanco absoluto que se halle saturado por haberse extralimitado la escala cromática, corrigiendo o subsanando errores visuales para convertir aquellos tonos en matices oscuros que ayuden a contrastar la nanomorfología, cediendo así un protagonismo visual y una transparencia que se revelan sobre el fondo del lienzo virtual. La desventaja que contrarresta esta acción sobre la imagen, es que tras su inversión se pierden detalles del fondo de la imagen que emitían información necesaria para el descubrimiento y análisis científico de la materia de la muestra.

En este proceso descrito tan dinámico, sobre la obtención de la nanoimagen o la microfotografía, hay que destacar que toda imagen con técnica AFM se realiza “barriendo” en líneas horizontales; por lo que se genera inevitablemente una especie de interfaz visual en el sentido vertical de la imagen, produciéndose variaciones de resolución que afectan a la calidad según la precisión de dicha interfaz entre un barrido horizontal y el consecutivo.

Sobre el aspecto del color, en Nanografía, la técnica AFM nos ofrece múltiples paletas de colores predeterminadas, así como su posibilidad de ser invertidas. Pero también se pueden crear paletas personalizadas, e incluso crear gradientes con varios colores iniciales introducidos. Esta pluralidad tonal enriquece la visualidad de la imagen, pero en los círculos científicos se discute este modo en que se falsea aún más el motivo representado; el relieve hecho paisaje. Es importante comentar que en las imágenes nanométricas se puede llegar a saturar la composición de modo que algunos elementos pierdan su definición, y las formas se vean reducidas o sintetizadas en una comprensión de aglomerados que restan datos. Esto suele producirse, generalmente, por agrupación de detalles próximos o muy cercanos dentro de dicha morfología.

La morfología microscópica inaugura una nueva estética (Raimondi, 2007) donde las formas están regidas, esencialmente, por la Ley de la Mínima Energía; una condición de la Física de la Elasticidad que determina la forma de las cosas, y que describe la suma entre la energía interna y la energía de la superficie que interacciona con el entorno en cada punto cuántico. Esto comporta, en su naturaleza, una aleatoriedad, un sistema azaroso al que se denomina “proceso estocástico” (responsable del catálogo de las formas nanoscópicas).

Dichos puntos cuánticos pueden ser esféricos, piramidales, trapezoidales, etc. También se forman, eventualmente, anillos, volcanes cónicos y otras peculiaridades; casi toda forma excepto cuadraturas o cubos que, en esencia, nos recuerdan la inexistencia de aristas esquinadas que regirían contra el mínimo coste y esfuerzo energético por parte de la materia. La geometría de la naturaleza tiende a omitir estas estructuras que supondrían un rendimiento elevadísimo contra la Elasticidad: ni estrellas ni planetas ni órbitas gravitacionales o atómicas ni células ni moléculas ni protones se consolidan o establecen en formas puntiagudas por la misma causa. Dado que la materia ahorra así elasticidad, la noción aleatoria o fortuita aún se acierta dentro de los parámetros de estas leyes y condiciones físicas. Lo fortuito de las formas radica en la conducta de “autoensamblaje” que posee la materia. Esto explica el confinamiento de los quarks (en vez de su alterado e inestable estado en libertad asintótica), y la aglomeración de los hadrones y núcleos, y la formación atómica con orbitales, y la sucesión de moléculas más pesadas, y la evolución –en última instancia- de toda la química hacia la vida (uno de los estados más complejos y menos simples a adoptar por la materia).

Bajo la conducta del autoensamblaje, las formas se generan cuasi espontáneamente dentro de los márgenes establecidos por las leyes. Dichas condiciones pueden llegar a ser controlables por el científico, permitiendo un restringido pero cierto control y diseño de aquellas formaciones que terminarán siendo visualizadas y representadas en el denominado Nanoarte.

Los dos métodos existentes para controlar el surgimiento de estas formas son, básicamente, dos:



El modo “top-down” (arriba-abajo); consiste en hacer crecer las formas esculpiéndolas como si se tratase de un cincel. Por ejemplo, es el caso de la Nanolitografía, caracterizada por una alta intervención o dislocación sobre la materia original, alterándola en sus formas.

Y el modo “down-top” (abajo-arriba); por el contrario, describe un crecimiento más espontáneo de aquellas formas que derivan del autoensamblaje, introduciéndoseles a posteriori unas series de parámetros controlados.

En el caso de la Nanolitografía, muy similar al del Grabado con técnicas con ácidos como el aguafuerte, se traslada al mundo de la Microelectrónica un proceso al servicio de la creación de chips que sirvan a numerosas disciplinas, desde la Ciencia de los Materiales hasta la Biomedicina. En primer lugar, se coloca un sustrato de metal (por ejemplo, de silicio o de galio), y encima se coloca un recubrimiento de material polímero (por ejemplo, de metacrilato o de cromo) de entre 40 y 200 nanómetros de grosor aproximadamente. El recubrimiento se bombardea con un haz de electrones (por ejemplo, el de la luz ultravioleta o el del microscopio electrónico de barrido) para romper sus enlaces químicos. La zona bombardeada o irradiada se convierte en más soluble, desapareciendo al sumergirla en un líquido que funciona como “revelador”, y quedando el sustrato metálico al descubierto para poder ser perforado por bombardeo atómico con radiofrecuencia. Tras la perforación, se retira todo el recubrimiento de metacrilato y se obtiene una placa metálica con dos niveles superficiales (semejante a los descriptores matéricos de un dibujo intencionado sobre un plano-superficie).

En estos desarrollos que describimos, el color es un elemento muy tentador y sugerente que aparece desde una noción y conducta inauditas para nuestro concepto cotidiano del mismo. En la nanorrealidad, el color se comporta como un continuo diferencial cuántico, numérico, de tamaños diferentes a escala nanométrica pero correlativos. Pues el color es, en efecto, una onda de fotones con una longitud ondulatoria cuyo tamaño hace que interactúe o no con otras estructuras; en este sentido, debe elegirse el color cuyo tamaño interactúe, rebote o quepa espacialmente en la estructura que ha sido nanolitografiada previamente.

Para introducir parámetros controlados en las formas más espontáneas que, sin embargo, son autoensambladas, existen casos peculiares que vislumbran por su genuino aspecto a ojos de quienes observan formas enrolladas que se denominan “tubos o rulos cuánticos”. Para este resultado morfológico, se coloca un sustrato de Arsenio de galio y se recubre con una capa de arseniuro de aluminio de unos 4 nanómetros de grosor. Sobre la capa, crecen otras capas apretujadas en el espacio que saturan el propio material (pues tienden a crecer elevando el nivel de compresión y densidad). Entonces se ralla la superficie hasta romperla y sucede el acontecimiento mágico, fortuito e intencionado, en que los trozos de la capa superior se enrollan espontáneamente reaccionando a su compresión (regidos por la misma Ley de la Mínima Energía que nos remite la Física de la Elasticidad).

También existe otro caso peculiar con formas volcánicas que surgen a partir de crecimientos piramidales o troncocónicos. Para ello se coloca un sustrato de arseniuro de indio que, debido al principio de equilibrio, estalla al calentarse en sus partes más ricas en indio. Al estallar, las pirámides se rompen formando los volcanes caracterizados por los cráteres abiertos.

Otro caso también sugerente es el del nitruro de galio; un material que suele disponerse como un triángulo orientado arbitrariamente. Con frecuencia su morfología resulta hexagonal. Rara vez pueden solaparse justo en las orientaciones opuestas creándose unas formas de estrellas circunstanciales. Este fenómeno se conoce en Cristalografía como “twins” o “gemelos”.

En estos otros desarrollos, el color también adquiere protagonismo dada su hábil contingencia. Pues en la nanopartícula existe un color desde el mismo instante en que se interacciona con la luz y sus ondas corpusculares o fotónicas. Por ello, reiterando lo ya referido, concluimos que forma y tamaño influyen en la aparición y disposición del color. Esto depende, fundamentalmente, de la polarización de la luz; según se direcciona espacialmente su vibración dentro del campo eléctrico, la nanopartícula adquirirá un color u otro. Pero no hablamos de “color visible” (ya que “ver” es un concepto muy relativo e infuso en el nanomundo). Dado que en microscopía no se manejan imágenes que sean evidencias directas, sino deducciones transcritas, se trata de un color en potencia o de emisión que no necesariamente recibe respuesta reflexiva; al no ser reflejado, no conquista el territorio del espectro visible donde aparece el color que cotidianamente

concebimos. Pues para ver el color de un punto cuántico del orden de 7 nanómetros habríamos, por ejemplo, de poseer en nuestra fisiología ocular diodos de silicio, en vez de los conos humanos de los que estamos provistos.

A lo largo de haber explorado, con respecto a estas cuestiones, a diversos científicos, técnicos microscopistas y nanoartistas que vienen trabajando la creación de estas imágenes en siete centros nacionales, hemos podido concluir una serie de premisas a partir de sus reflexiones en torno a la concepción del peculiar mundo-imagen que se genera en dichas escalas. La atención estética o creativa que refieren hacia sus imágenes emana de las conciliaciones y conflictos entre sus obligaciones científicas y sus sensibilidades subyacentes.

Entre las principales proposiciones, se determina el color como elemento de mayor grado de libertad en el tratamiento icónico, aunque el juego de este parámetro sólo aparezca habitual en los casos específicos en que el destino de la imagen se presupone altamente divulgativo o expositivo (es el caso de los pósters, las ilustraciones, los certámenes y las presentaciones a congresos). En este sentido, el color queda entre las comunidades científicas meramente académicas relegado a un rango secundario, quedando abierto no obstante al plano de las preferencias o gustos subjetivos. Y a veces, se emplean criterios de relación semántica dentro de la ficción de la imagen representada.

Con respecto al brillo y al contraste, resultan concebirse como dos parámetros cuya manipulación se relaciona en mayor medida con los fines científicos; pues tanto los técnicos como los artistas de este género coinciden en reconocer la conducción de estos parámetros influidos por sus gustos o inclinaciones puramente estéticas. En líneas generales, se asume que un aumento del contraste junto con la disminución del brillo es la fórmula recomendable en la obtención de una imagen que se caracterice por su enriquecimiento en detalles morfológicos e información.

Las morfologías que exhiben las imágenes suelen resumir paralelismos con los objetos visibles en la escala humana o macroscópica, desembocando en cosmovisiones que están estrechamente influidas por la metáfora y el símil cotidianos. Abunda la diversidad de cosmovisiones en virtud de la escala específica que el sujeto maneje en su labor: así, los físicos tienden a incidir en el carácter regular, simétrico y geométrico de la materia, mientras que los biólogos y patólogos se inclinan por advertir un mundo caótico e irregular al que sus imágenes microscópicas ópticas apelan. No obstante, en general, se reconoce la concepción de un sistema auto-organizado.

También se generaliza una considerable capacidad para valorar estéticamente este imaginario. Al margen de las obligaciones académicas, se crean espacios distendidos en que relacionarse con las imágenes sea un acto creativo; manifestándose la estética como una inclinación natural.

Acerca de la iconicidad, resulta llamativo el gran consenso en la consideración concreta y figurativa de unas imágenes que el público profano tildaría de abstractas; explicándose esta noción conforme el sujeto desarrolla un conocimiento pormenorizado y exhaustivo del hecho que admira ante el visor de sus artefactos.

Tal y como apunta el científico y nanoartista Víctor Puentes; el nanoarte es una experiencia metasensorial, más allá de los sentidos, que nos emociona porque no nos sitúa frente a la naturaleza, sino que sitúa la naturaleza, la materia, dentro de nosotros mismos, atribuyéndonos las claves de un paisaje intangible, invisible e inaudito pero demostrable a través de la traducción a nuestras terminales sensoriales. Sus claves son los datos por descodificar, los números o signos, que descubren unas realidades evocadas (Puentes, 2008).

Y es que las formas autoensambladas llevan codificadas, en su forma final, la esencia de las unidades discretas que son las partículas constituyentes. Por ello, los nanopaisajes son tan diferentes a o que ordinariamente acostumbramos a ver. Hacer metáfora con el microscopio ayuda a vivenciar algo extraño y esquivo. Se destila una estética propia a raíz de la frustración de tantos hallazgos, inútiles científicamente, pero sugerentes desde el conducto de esa interfaz sensorial que es el microscopio; intérprete del mundo que extralimita nuestros sentidos. Pues, como afirmaba el físico Richard Feynman, “lo pequeño es un mundo muy grande”. Esta intersección de, ya no disciplinas, sino sensibilidades, se manifiesta con clara contundencia. El físico Patricio Díaz Pazos expresa: “La pasión por las ciencias, como la pasión por las artes, nace de un mismo impulso; captar la belleza del mundo en una visión propia”.

## REFERENCIAS:

- BERGER, Peter L.; LUCKMANN, Thomas. (1986). *La construcción social de la realidad*. Zuleta, Silvia (trad.). 1ª ed. Buenos Aires: H. F. Martínez de Murquía, 242 p. ISBN: 84-85043-11-1
- BREA COBO, José Luis [et al]. (2005). *Estudios visuales. La epistemología de la visualidad en la era de la globalización*. 1ª ed. Madrid: Akal, 244 p. ISBN: 9788446023234.
- BUSTOS GUADAÑA, Eduardo de. “Metáforas en ciencia y en arte”. En: La filosofía como ciudad de las ciencias y las artes, Universidad Internacional Menéndez Pelayo (Valencia, del 22 al 24 de octubre de 2008).
- FOUCAULT, Michael. (2008). *El orden del discurso*. González Troyano, Alberto (trad.). 4ª ed. Barcelona: Tusquets, 64 p. ISBN: 8472230368.
- GUARDANS, Ramón. “Sobre la Continuidad en los Procesos Biológicos”. En: Ecomedia sobre Estrategias ecológicas en el arte actual, Universidad Politécnica de Valencia y Sala Parpalló (Valencia, 4 de marzo de 2009).
- MALINA, Roger. “El Método Científico como un territorio para la experimentación artística”. En: Ecomedia sobre Estrategias ecológicas en el arte actual, Universidad Politécnica de Valencia y Sala Parpalló (Valencia, 4 de marzo de 2009).
- PUNTES, Víctor F. “ConCienciArte”. En: Nanoconexiones en la frontera de lo invisible: relaciones entre la ciencia, el arte y la sociedad a través de la Nanotecnología, Universidad Internacional Menéndez Pelayo (Valencia, del 10 al 14 de noviembre de 2008).
- RAIMONDI, Stefano (2007). *Nanoart: Seeing the invisible*. 1ª ed. Milano: Skira, 160 p. ISBN: 8861303232.
- ZEKY, Semir. (2005). *Visión interior. Una investigación sobre el arte y el cerebro*. Bozal, Amaya (trad.). Madrid: A. Machado, Col. La Balsa de la Medusa, 241 p. ISBN: 8477746710.