

Los orígenes del arte cibernético en España

El seminario de Generación Automática de Formas
Plásticas del Centro de Cálculo de la Universidad
de Madrid (1968-1973)

Enrique Castaños Alés

Agradecimientos

Entre las personas que me han proporcionado su ayuda y colaboración desinteresada para la realización del presente trabajo, y sin las cuales éste no hubiera sido nunca posible, he contraído una deuda especial, en primer lugar, con Florentino Briones Martínez y Ernesto García Camarero, máximos responsables del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid durante el tiempo en que estuvo funcionando el seminario de Generación Automática de Formas Plásticas, quienes, además de facilitarme abundante material sobre el periodo estudiado, han mostrado en todo momento su generosa disposición para contestar a cualquiera de las muchas cuestiones que durante el desarrollo de la investigación les he planteado. De igual magnitud ha sido la contraída con Manuel Barbadillo, con quien he mantenido innumerables conversaciones acerca de los más variados aspectos del tema estudiado. Entre los artistas participantes en la experiencia madrileña, también quiero destacar la importante y solícita ayuda prestada por Tomás García Asensio, Ignacio Gómez de Liaño y Elena Asins, así como las informaciones, materiales, explicaciones y sugerencias proporcionadas por José Luis Alexanco, José María López Yturralde y Soledad Sevilla. Asimismo, quiero subrayar mi agradecimiento a la doctora Rosario Camacho Martínez, directora del Departamento de Historia del Arte de la Universidad de Málaga, cuyas penetrantes indicaciones y observaciones en su calidad de directora de la tesis me han sido de inestimable ayuda. Deuda particular también ha sido la contraída con el personal de la biblioteca del Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía de Madrid, especialmente con Miguel del Valle-Inclán, la tristemente ya desaparecida M^a Ángeles Dueñas y Juan Collado. No quisiera concluir estas líneas de gratitud sin mencionar a cuantas personas e instituciones han contribuido en mayor o menor medida a la realización del trabajo: Mario Fernández Barberá, los artistas José Luis Gómez Perales, Gerardo Delgado y Julián Gil, los críticos e historiadores de arte Simón Marchán Fiz, José Garnería y Vicente Aguilera Cerni, el arquitecto Miguel Fisac Serna, la escritora María Victoria Morales Navas, el pintor Eugenio Chicano y todo el personal del Centro de Documentación de la Fundación Pablo Ruiz Picasso de Málaga, José Villanueva Pareja, profesor de matemáticas en el Instituto Politécnico de Málaga, Consuelo Ciscar, Directora General de Museos y Bellas Artes de la Generalitat Valenciana, Elena Luján, de la Biblioteca Nacional de Madrid, Julia Sáez Angulo, del Gabinete de Prensa del Ministerio de Cultura en Madrid, y, por su paciente tarea de escanear las ilustraciones, Gonzalo Navarrete, Rafael de Montserrat y Álvaro Martín Montalvo.

Índice General

1. INTRODUCCIÓN	5
2. NORBERT WIENER Y EL ORIGEN DE LA CIBERNÉTICA	11
2.1. Norbert Wiener y el desarrollo de la cibernética desde 1939	11
2.2. Cibernética y neurofisiología	20
2.3. Aplicaciones prácticas de la cibernética	22
2.4. Problemas filosóficos y aspectos morales de la cibernética	24
3. EL ARTE Y EL ORDENADOR. ASPECTOS GENERALES	28
3.1. Síntesis histórica del «computer graphic» hasta mediados los setenta	28
3.2. La controversia sobre la artísticidad del «computer graphic»	51
3.3. Morfología	57
3.4. Teoría estética del arte del computador	62
3.5. Perspectiva crítica del arte del computador	77
4. EL SEMINARIO DE GENERACIÓN AUTOMÁTICA DE FORMAS PLÁSTICAS	85
4.1. El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid	85
4.2. Creación del seminario de Generación Automática de Formas Plásticas	92
4.3. Las sesiones de trabajo del seminario de Generación Automática de Formas Plásticas	98
4.4. Exposiciones y actividades organizadas por el CCUM	108
4.4.1. Curso 1968-69	108
4.4.2. Curso 1969-70	114
4.4.3. Curso 1970-71	118
4.4.4. Curso 1971-72	119
4.4.5. Curso 1972-73	121
4.5. Elaboración de programas destinados a facilitar la tarea de los artistas	121
4.6. Críticas internas y externas a la experiencia artística desarrollada en el CCUM	126
5. LOS ARTISTAS	136
5.1. Manuel Barbadillo	136
5.2. José Luis Alexanco	153
5.3. José María Yturralde	163
5.4. Tomás García Asensio	170
5.5. José Luis Gómez Perales	172
5.6. Eusebio Sempere	174
5.7. Ignacio Gómez de Liaño	180
5.8. Soledad Sevilla	187
5.9. Manuel Quejido	190
5.10. Gerardo Delgado	196
5.11. Ana Buenaventura y Javier Seguí de la Riva	198
5.12. Abel Martín	200
5.13. Enrique Salamanca	200
5.14. Elena Asins	201
6. CONCLUSIONES	203

<u>7. APÉNDICE DOCUMENTAL</u>	211
<u>7.1. Textos de los responsables del Centro de Cálculo</u>	211
7.1.1. Florentino Briones. <i>¿Puede una calculadora crear una obra de arte? (1973)</i>	211
7.1.2. Florentino Briones. <i>Pintura y ordenador (1980)</i>	216
7.1.3. Ernesto García Camarero. <i>Generación automática de formas plásticas (1969)</i>	222
7.1.4. Ernesto García Camarero. <i>Conferencia (1969)</i>	224
7.1.5. Ernesto García Camarero. <i>L'art cybernétique (1973)</i>	226
<u>7.2. Documentos y escritos de los artistas</u>	227
7.2.1. J. L. Alexanco. <i>Posibilidades y necesidad de un análisis de un proceso intuitivo (1969)</i>	227
7.2.2. Alexanco. <i>Procedimientos para la transformación o deformación de una forma dada (1973)</i>	229
7.2.3. José Luis Alexanco. <i>El programa Mouvnt y su utilización (1973)</i>	230
7.2.4. José Luis Alexanco. <i>Generación automática de «movimiento interminable» para terminal de rayos catódicos (1973)</i>	232
7.2.5. Manuel Barbadillo. <i>Materia y vida (1969)</i>	232
7.2.6. Manuel Barbadillo. <i>El ordenador. Experiencias de un pintor con una herramienta nueva (1969)</i>	235
7.2.7. Manuel Barbadillo. <i>Conferencia (1969)</i>	237
7.2.8. Manuel Barbadillo. <i>Módulos, estructuras y relaciones. Ideogramas del Rapport Universal (1970)</i>	242
7.2.9. Manuel Barbadillo. <i>Tambores y computadoras (1982)</i>	246
7.2.10. Gerardo Delgado. <i>Aplicación de las computadoras a la generación de formas plásticas (1969)</i>	248
7.2.11. Tomás García Asensio. <i>Aproximación a un intento de informatizar la plástica (1986)</i>	251
7.2.12. Ignacio Gómez de Liaño y Guillermo Searle. <i>Pintura y perceptrónica (1973)</i>	256
7.2.13. José Luis Gómez Perales. <i>Texto para el catálogo de la exposición Generación automática de formas plásticas (1970)</i>	260
7.2.14. Manuel Quejido. <i>Problemática del movimiento en la nueva plástica (1970)</i>	260
7.2.15. F. Javier Seguí de la Riva. <i>Arte e informática (1980)</i>	261
7.2.16. José María Yturralde. <i>Sistematización del análisis pictórico con vistas a la generación plástica con ordenador (1969)</i>	267
7.2.17. José María Yturralde. <i>Estructuras 1968-1972 (1973)</i>	271
 <u>8. BIBLIOGRAFÍA</u>	 274
 <u>9. ÍNDICE ANALÍTICO</u>	 292
 <u>10. ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</u>	 305

Introducción

El propósito del presente trabajo es el estudio de la inicial contribución española al llamado *computer art* o «arte cibernético», una de las más conspicuas corrientes tecnológicas aparecidas en la escena artística internacional durante la segunda mitad de los sesenta. La primera idea del mismo, muy desdibujada aún, surgió a raíz de una reducida muestra individual de obra reciente de Manuel Barbadillo que organicé al comienzo de la temporada 1992-93 en la sala de exposiciones de la Diputación Provincial de Málaga, donde tuve ocasión de mantener algunas conversaciones con el autor, tanto acerca del desarrollo y significación de la abstracción geométrica en este siglo como sobre el papel desempeñado por la computadora en la evolución del arte en el periodo de la posvanguardia.

Los orígenes del «arte cibernético» en nuestro país se sitúan, con inusual precisión, en el seminario que con el nombre de Generación Automática de Formas Plásticas se constituyó, a instancias de Ernesto García Camarero, en el Centro de Cálculo de la Universidad Complutense de Madrid (CCUM) en diciembre de 1968. El núcleo esencial de mi investigación corresponderá, pues, al periodo de funcionamiento del seminario, prácticamente disuelto en la primavera de 1973, aunque ya desde el curso 1970-71 aparecieron los pri-

meros síntomas evidentes de descomposición. Esta experiencia, aunque sólo sea por su precocidad en el tiempo —alrededor de un año después de la generación de los primeros gráficos de ordenador realizados con una intención expresamente artística en los Estados Unidos y transcurridos sólo unos meses de la decisiva exposición *Cybernetic Serendipity*, es decir, la muestra londinense que consagró internacionalmente la tendencia—, ha sido, a mi juicio, uno de los acontecimientos más relevantes de la aportación española a la neovanguardia internacional, si bien estas páginas tratarán de clarificar y distinguir entre los aspectos simplemente novedosos y de efímera seducción por parte de algunos de sus protagonistas a lo que podría con cierta ligereza interpretarse como una tendencia más de las modas estéticas imperantes a finales de los sesenta, y la contribución seria y rigurosa de otros.

En relación con esta última aportación, el trabajo supone también, y quiero subrayarlo expresamente, un reconocimiento a la labor desarrollada por Florentino Briones, director de la institución durante los casi cinco cursos académicos en que estuvo activo el seminario, y por el ya mencionado García Camarero, subdirector a la sazón del Centro. El que ambos procediesen del campo de la ciencia matemática, quizás explique el sincero esfuerzo que realizaron por comprender la naturaleza intrínseca de los fenómenos artísticos, con unos resultados que hoy, creo que con la perspectiva suficiente, estamos en condiciones de calificar de notables e incluso de excelentes en determinados casos, según atestiguan los abundantes escritos donde dieron cuenta de sus investigaciones sobre la relación entre el arte y la máquina.

En correspondencia con el objetivo primordial y el núcleo de la investigación, esto es, la experiencia desarrollada por el seminario de Formas Plásticas en el Centro de Cálculo, en su doble vertiente de análisis y debate teórico de la compleja relación entre la creación artística y la computadora y de obtención de unos resultados concretos en forma de artículos y comunicaciones aparecidas en las publicaciones del Centro, y en forma, principalmente, de productos estéticos acabados, las páginas que siguen sólo estudian, en el caso de los artistas que fueron miembros del seminario, la producción que realizaron en el transcurso de su vinculación al Centro, bien fuese, insisto, obra física concreta o análisis e investigaciones teóricas en relación con el campo de las artes plásticas. Ello no impide, naturalmente, que no se tenga en cuenta, cuando sea necesario, la evolución de sus respectivos trabajos hasta el momento de su pertenencia al seminario, pero siempre tratada con un carácter de aclaración general. En este sentido, resulta paradigmática la producción de Barbadillo, sobre todo desde principios de 1964, ya que, de un lado, sus investigaciones acerca de la naturaleza binaria de la forma, y, de otro, el hallazgo del primer módulo con el que realizaría sus composiciones entre 1964 y 1968, lo predispusieron, aunque al principio no fuese muy consciente de ello, al posterior encuentro con la computadora, llegando incluso a intuir, hacia 1965, la conveniencia de un tratamiento informático para el mejor desarrollo de su obra.

Resulta lógico, de otro lado, que estas páginas presten especial atención y dediquen más espacio a aquellos artistas que, en un momento determinado de sus respectivas trayectorias vitales, más a fondo se comprometieron con la experiencia llevada a cabo en el Centro de Cálculo, es decir, aquellos cuya participación fue más activa y, en consecuencia, se tradujo en un mayor número de comunicaciones presentes en las publicaciones del Centro y en una mayor abundancia de obras realizadas a partir de los programas elaborados por los técnicos informáticos de la institución. Desde esta óptica, a mi juicio, los artistas clave de la experiencia madrileña fueron José Luis Alexanco, Manuel Barbadillo y José María López Yturalde, y ello al margen de que el segundo de los tres haya sido el único de los participantes en el seminario, si exceptuamos a Elena Asins (aunque en este caso la adopción de la máquina como herramienta de trabajo fue posterior a la disolución del seminario), que ha continuado desde entonces hasta hoy haciendo de la computadora el instrumento básico de su labor artística.

Junto a ellos, también sobresalieron por su trabajo y aportación al seminario Gerardo Delgado, Tomás García Asensio, Ignacio Gómez de Liaño, José Luis Gómez Perales y Manuel Quejido, así como el arquitecto F. Javier Seguí de la Riva. En cuanto a Soledad Sevilla y Elena Asins, la primera, si bien fue una asidua asistente a las reuniones desde el principio, su juventud y, por tanto, natural inexperiencia, explican la discreción de su contribución, aunque no por ello menos entusiasta; la segunda, además de asistir a muy pocas reuniones, no llegó a realizar en el Centro ninguna obra con la computadora, circunstancias que en absoluto le han impedido reconocer en reiteradas ocasiones la deuda contraída con el seminario.

Un caso mucho más complejo y, en cierto modo, controvertido, es el de Eusebio Sempere, sin duda el artista participante con mayor proyección nacional en el momento en que se creó el seminario. Su acusado sentido ético y honestidad personal se hallan, a mi juicio, en la raíz de su distanciada reserva y constructiva posición crítica ante la experiencia, precisamente por no terminar de ver con claridad qué podía aportar la tecnología y en concreto la informática al universo de la creación artística. Sólo desde la perspectiva de un espíritu proclive al experimento y auténticamente vanguardista como el suyo, atento por tanto a cuantas novedades con una base rigurosa surgieran a su alrededor, puede explicarse la atención y el interés que en él despertó el proyecto materializado en el Centro de Cálculo, aunque se tradujese en muy pocas realizaciones concretas.

Otro artista, a su vez extraordinariamente singular, difícil de situar en la experiencia madrileña es Luis Lugán, ya que, si bien participó en las exposiciones organizadas por el Centro, no llegó a producir, que yo sepa, ninguna obra entonces con el concurso de la computadora. Su asistencia a las reuniones, además (eso al menos se desprende de la puntual información suministrada por el Boletín del Centro), debió ser muy escasa, no quedando tampoco constancia de ninguna comunicación escrita.

Además de Lugán, hay una extensa nómina de artistas que, aun cuando en algunos casos participaron en las exposiciones organizadas por el Centro y asistieron durante un determinado periodo a las reuniones, lo hicieron de forma esporádica e irregular, siendo asimismo muy escasa o prácticamente nula su presencia en las diferentes publicaciones editadas por la institución en aquellos años. En este apartado podrían nombrarse, entre otros, a Waldo Balart, Abel Martín, Herminio Molero, Enrique Salamanca y Eduardo Sanz.

De las líneas precedentes se deduce, asimismo, que no es propósito de este trabajo detenerse más que lo estrictamente necesario en aquellos autores que, aun habiendo participado de manera esporádica en algunas de las actividades programadas por el Centro de Cálculo, fundamentalmente las exposiciones colectivas a las que fueron invitados, no llegaron nunca a formar parte del seminario de Formas Plásticas. Para los fines que aquí se persiguen es suficiente con los datos ofrecidos en cada caso concreto por las publicaciones del Centro, sin obstáculo de que, siempre que lo crea oportuno, consigne determinadas referencias bibliográficas básicas. Entre otros, y los adelanto sólo a título de orientación general, serían los casos de Lily Greenham, Amador Rodríguez, Lorenzo Frechilla, Equipo 57 y Vasarely.

De otro lado, he creído conveniente dedicar dos capítulos preliminares a otras tantas cuestiones directa o indirectamente vinculadas con el tema principal. El primero de ellos, consagrado a Norbert Wiener y el origen de la cibernética, en el que se incluyen algunas breves consideraciones sobre las implicaciones sociales, morales y filosóficas de esa nueva ciencia, pienso que se justifica sobradamente, ya que en el fondo de la experiencia madrileña subyace una genuina preocupación por las consecuencias derivadas del uso de la computadora en la realización de productos artísticos. Asimismo, uno de los más preclaros representantes del *computer art* en nuestro país y figura destacada de las páginas que siguen, Manuel Barbadillo, cuya solicitud de orientación al CCUM en la primavera de 1968 —por sugerencia de Mario Fernández Barberá, quien en ese momento desempeñaba tareas ejecutivas en la división madrileña de IBM y era su hombre de confianza en el CCUM, dotado por la multinacional de un moderno equipamiento—, en el sentido de si la computadora podía resultar un instrumento válido para resolver determinadas operaciones de cálculo, muy laboriosas y tediosas, en la combinatoria de las estructuras modulares a que había llegado la evolución de su trabajo artístico, ha dejado constancia escrita de la viva impresión que le causó a principios de los sesenta la lectura de *Cibernética y sociedad*, libro fundamental de Norbert Wiener en el que el matemático estadounidense describe las particularidades de la fascinante ciencia por él bautizada y sus profundas relaciones con los más importantes campos de la cultura y de la actividad humana¹. Dado que tendré ocasión de referirme con suficiente

¹ WIENER, N.: *Cibernética y sociedad*. Buenos Aires, Sudamericana, 1969. Además de habérmelo relatado en diversas ocasiones, Barbadillo se ha referido al fuerte impacto que le produjo la lectura del libro de Wiener en su artículo “My Way to Cybernetics”, publicado originalmente en la obra colectiva

tendré ocasión de referirme con suficiente detalle en esta investigación a la progresiva influencia del sugestivo ensayo sobre el joven pintor recién llegado entonces a España desde Nueva York, me conformaré ahora con subrayar un aspecto clave. Sobre todo en el caso de Barbadillo, aunque también, pero en mucha menor medida, en el de otros de los artistas aquí estudiados, más que hablar de *computer art*, esto es, un tipo de arte producido con el auxilio de la computadora, resulta más exacto adjetivar sus obras como ejemplos de «arte cibernético», en el sentido no sólo de que encierran una condición «cibernética» en la propia sintaxis de sus elementos componentes, sino en el mucho más relevante de que contienen implícitamente una concepción «cibernética» del universo². Este carácter «cibernético», tanto en su dimensión sintáctica como semántica, frente al estrictamente computerizado, estimo que es decisivo en cualquier análisis que se haga de esas obras. De ahí la trascendencia de aquél y otros ensayos del científico norteamericano, que serán oportunamente comentados en el lugar correspondiente.

En cuanto al segundo de los capítulos preliminares, está dedicado a la génesis y desarrollo del *computer art* hasta finales de los sesenta en Estados Unidos, Europa, Japón y algún que otro país donde la corriente tuvo cierta influencia en determinados círculos artísticos, como es el caso de Argentina. Los nuevos comportamientos artísticos vinculados al uso de la computadora, no sólo van a suponer un punto de referencia inestimable para los participantes en la experiencia del CCUM, sino que harán posible fecundos intercambios, con colaboración física y artística incluida —a través de exposiciones, mesas redondas, conferencias—, que dinamizarán notablemente y ayudarán a dotar de un incuestionable aire internacional a la experiencia española. De otra parte, aunque para la inmensa mayoría de los participantes en el seminario madrileño la calculadora electrónica fuese únicamente un potente instrumento o herramienta de trabajo mediante la cual se podían hacer mucho más rápidamente las complejas operaciones intermedias necesarias para la obtención del resultado final, ello no significa que no estuviesen atentos y mostrasen interés por la otra actitud dominante en el panorama mundial, aquella que consideraba los programas de ordenador como un fin en sí mismo, es decir, que el *software*, con independencia de la elaboración material de la obra, es tenido como un auténtico producto estético, ya que, según ha explicado Moles, lo verdaderamente importante era la idea, la elaboración de un programa estético y matemático que, una vez llevado a cabo, convierte en secundario el objeto, la mera obra artística como producto material con un soporte físico³.

Artist and Computer, Nueva York, Harmony Books, Edit. Ruth Leavitt, 1976. El mismo artículo, pero con distinto título, *Homenaje a Norbert Wiener*, ha sido publicado en castellano en CASTAÑOS ALÉS, E. (coord.): *Manuel Barbadillo. Obra modular (1964-1994)*. Málaga, Fundación Pablo Ruiz Picasso, 1995, págs. 77-79.

² Véase mi artículo *La estética de los dioses. Arte y cibernética en la pintura de Manuel Barbadillo*. Málaga, diario *Sur*, 27 de octubre de 1995.

³ Sobre la distinción entre las dos actitudes que pueden observarse en la estética creadora del «arte cibernético», véase MOLES, A.: *Art et ordinateur*. París, Casterman, 1971, págs. 85 y sigs.

En las páginas de este trabajo, de otra parte, se harán constantes referencias y se empleará en numerosas ocasiones un vocabulario procedente de la estética de la información, fundamentado en el hecho de que esa corriente de pensamiento estético, cuyos principales formuladores han sido el alemán Max Bense y el francés Abraham Moles, constituye un *corpus* teórico imprescindible en el estudio y análisis de las obras de la tendencia tecnológica aquí investigada. No debe olvidarse que los miembros del seminario madrileño, como tendremos ocasión de comprobar, hacían permanentes alusiones en sus artículos, comunicaciones e intervenciones en las sesiones de trabajo a los textos de ambos teóricos, junto a los de otros de menor relieve. La difícil y hermética terminología de la estética teórico-informacional salpica por doquier los escritos de muchos de los participantes en el seminario, algo que se explica fácilmente si tenemos en cuenta el predicamento de que gozaba entonces en ciertos ámbitos el uso del lenguaje con un fuerte contenido científico para referirse a las obras artísticas. Si a esta inclinación dominante por aquellos años en el discurso artístico le añadimos que las nuevas obras producidas con el concurso de la máquina, casi siempre en la tradición abstracto-geométrica, resultaban poco menos que indescifrables y enormemente resistentes al análisis efectuado con el lenguaje convencional, convendremos en que la aportación de la nueva estética prestó unos inestimables servicios al devenir de los nuevos y sorprendentes comportamientos artísticos.

Norbert Wiener y el origen de la cibernética

2.1. Norbert Wiener y el desarrollo de la cibernética desde 1939.

La fascinación por los autómatas es muy remota entre los hombres. Desde los tiempos de la antigua Grecia hasta el siglo que ahora termina, las más diversas culturas y civilizaciones han deseado, con una extraña mezcla de simple curiosidad ante lo desconocido y la obsesiva atracción por emular la capacidad creadora de la divinidad, fabricar muñecos articulados que no sólo imitasen la apariencia física y el comportamiento de los humanos, sino que estuviesen dotados de vida propia. Nadie ha resumido mejor que Norbert Wiener esta imprescriptible pulsión de nuestra especie:

En cada estadio de la ciencia desde Dédalo o el héroe de Alejandría, la habilidad del artesano para producir un simulacro activo de un organismo viviente ha intrigado siempre al pueblo. Este deseo de producir y estudiar los autómatas ha sido siempre expresado en términos de la técnica viviente de la época. En los días de la magia, existía el extraño y siniestro concepto del Golem, esa figura de arcilla sobre la que el Rabino de Praga infundía

el soplo de la vida con la blasfemia del Inefable Nombre de Dios. En el tiempo de Newton el autómatas consistía en la caja con el reloj de música con las pequeñas efigies haciendo piruetas rígidas en lo alto. En el siglo XIX el autómatas es la glorificada máquina de vapor quemando algún combustible en lugar del glucógeno de los músculos humanos. Finalmente, el autómatas del presente abre las puertas por medio de las fotocélulas o apunta las armas al lugar en el que un rayo del radar coge a un avión o computa la solución de una ecuación diferencial¹.

Los más avanzados ordenadores² electrónicos y los más sofisticados robots constituyen el último episodio de esa imparable carrera en la que los hombres se han trazado como meta simplificar hasta el máximo el esfuerzo que realizan para conocer, controlar y dominar la naturaleza. Los mecanismos de regulación y control necesarios para que tales artefactos resulten operativos y eficaces, con un alto grado de rendimiento, se basan en la moderna teoría de

los mensajes, que es precisamente el principal fundamento de la cibernética. El propósito de este capítulo, como ha sido adelantado en la introducción general a este trabajo, es relatar la pequeña historia de los inicios de esa ciencia, indefectiblemente ligados a las fructíferas y, por qué no decirlo, proféticas investigaciones del matemático estadounidense Norbert Wiener, en colaboración con otros prestigiosos científicos, a partir del comienzo de la Segunda Guerra Mundial.

Norbert Wiener nació en Columbia, en el Estado norteamericano de Missouri, en 1894, en el seno de una familia judía oriunda de Odesa (Ucrania)³, y



Fig. 2.1. Norbert Wiener, por Philip Peterson. Retrato obtenido con un programa de ordenador.

¹ WIENER, N.: *Cibernética*. Madrid, Guadiana de Publicaciones, 1971, pág. 80.

² El uso del término «ordenador», en vez del vocablo anglosajón «computer», para designar las complejas máquinas electrónicas que procesan gran cantidad de datos, procede del francés «ordinateur», palabra de raigambre teológica —Dios como el gran «Ordenador» del Universo— propuesta por el profesor Jacques Perret, de la Universidad de París, a IBM (International Business Machines Corporation) Francia, corporación que la introdujo en todo el mundo. Véase, FERNÁNDEZ BALLESTEROS, F.: *La informática y el ordenador*. Madrid, Anaya, 1973, pág. 49.

³ El propio Wiener gustaba de recordar que sus lejanos antepasados habían conocido al autor mítico del Golem, el rabino Löw de Praga. Ya veremos más adelante cómo el mito del Golem, con su enorme carga simbólica, ocupará un lugar preferente en las explicaciones dadas por Wiener acerca de las consecuencias morales del automatismo, hasta el punto de inspirar el título del último de los libros que escribió.

murió en Estocolmo en 1964. Aunque sus mayores aportaciones las hizo en el campo de la matemática, donde reveló unas dotes verdaderamente excepcionales, desde muy joven se interesó por la ingeniería y el funcionamiento de todo tipo de máquinas, no perdiendo nunca de vista la profunda relación que según él existía entre ambas disciplinas. De hecho, ejerció durante muchos años como profesor en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), que está considerado como una de las mejores escuelas de ingenieros del mundo. Preocupado por el método científico al menos desde 1911-13, su formación literaria y filosófica era también amplísima, mostrando además una insaciable curiosidad intelectual por las más dispares parcelas del conocimiento⁴. El rasgo que probablemente mejor caracterice su inagotable deseo de conocer es su actitud abierta y tolerante, contraria a la intransigencia del fanático y opuesta a cualquier dogmatismo. Sus propias palabras así lo confirman: «No es tanto la forma de la rigidez [de pensamiento] la que es particularmente fatal, sino la rigidez en sí misma, cualquiera que sea su forma»⁵. Y también: «La verdad sólo puede hacernos libres cuando puede obtenerse con libertad»⁶.

De los numerosos libros que escribió, hay dos que se cuentan entre los pocos títulos verdaderamente cruciales de la literatura científica de este siglo, con una proyección hacia el futuro que todavía es pronto para ser ponderada con exactitud. En realidad se trata del mismo libro en dos versiones sucesivas radicalmente distintas. La primera versión fue redactada por Wiener en noviembre de 1947 y fue publicada por primera vez en Nueva York en 1948, bajo el título de *Cibernética o el control y comunicación en el animal y la máquina*⁷. Precisamente el apresuramiento en su elaboración, derivado del poco tiempo disponible para escribirlo dada la urgencia del encargo, determinó a Wiener, una vez se liberase de ciertos compromisos, proceder a una segunda versión, mucho mejor escrita y en donde prescinde de los complejos y larguísimo razonamientos en lenguaje matemático de la primera versión. En este otro libro, además, explica Wiener con extraordinaria frescura y precisión el propósito y alcance de sus investigaciones y, en general, de la emergente ciencia que él mismo había bautizado con el término «cibernética»⁸ en el ve-

⁴ Para una ajustada semblanza intelectual de Wiener, véase la introducción de Steve Joshua Heims al libro que el propio matemático escribió en los años cincuenta y que ha sido publicado bajo el título de *Inventar. Sobre la gestación y el cultivo de las ideas*. Barcelona, Tusquets, 1995, págs. 9-22.

⁵ WIENER, N.: *Dios y Golem. Comentario sobre ciertos puntos en que chocan cibernética y religión*. México, Siglo XXI, 1967, pág. 92.

⁶ WIENER, N.: *Inventar. Sobre la gestación y el cultivo de las ideas*, op. cit., pág. 189.

⁷ Se trata de la misma obra citada en la primera nota de este capítulo, si bien ahora la mencionamos con el título completo, que es como lo escribe correctamente, siguiendo el original inglés, la edición castellana de Tusquets (1985). La traducción que he manejado, sin embargo, y por la que siempre citaré, corresponde a la ya referida edición de Guadiana (1971). La fortuita ejecución del libro se debió al requerimiento que el editor Freymann, de la sociedad Hermann et Cie, le hizo a Wiener durante una visita de éste a Francia en la primavera de 1947, para que diese forma escrita a sus investigaciones y conclusiones sobre la cibernética. La apresurada redacción dejó sus efectos en el estilo, que se resiente de una cierta dureza y falta de fluidez literaria.

⁸ La adopción del término *cibernética* para llamar así a toda la materia referente al control y teoría de la comunicación, procede del griego *kybernetiké* (κυβερνητική), femenino de *kybernetikós*, perteneciente

rano de 1947. Su título en inglés es *The Human Use of Human Beings. Cybernetics and Society* (Boston, Houghton Mifflin Company, 1950). La traducción castellana, que prescinde de la decisiva primera parte del título [«El uso humano de los seres humanos»], es *Cibernética y sociedad*. «La tesis de este libro, dice Wiener en sus primeras páginas, consiste en que sólo puede entenderse la sociedad mediante el estudio de los mensajes y de las facilidades de comunicación de que ella dispone y, además, que, en el futuro, desempeñarán un papel cada vez más preponderante los mensajes cursados entre hombres y máquinas, entre máquinas y hombres y entre máquina y máquina»⁹. La cibernética es una ciencia complementaria de la de las comunicaciones, pues estudia los soportes de ésta, y se basa en la profunda analogía entre el comportamiento de las máquinas y el de los organismos biológicos. Abraham Moles ha definido la cibernética como «ciencia general de los sistemas», o también «ciencia de los organismos independientemente de la naturaleza física de los órganos que los constituyen»¹⁰.

El pormenorizado relato de las investigaciones de Wiener en torno a la cibernética, aparece recogido en la famosa Introducción de *Cibernética o el control y comunicación en el animal y la máquina*, una obra que según su autor es el resultado de más de una década de trabajo en un programa conjunto con el Dr. Arturo Rosenblueth, presidido por la compartida

convicción de que las más fructíferas áreas para el desarrollo de las ciencias eran aquellas que habían sido olvidadas como tierra de nadie entre varios campos establecidos¹¹.

Ambos estudiosos, además, estaban firmemente persuadidos de que tan importante como la precisa elección del campo de actuación de las investigaciones a realizar, y esto vale para cualquier proyecto científico serio, era, de una parte, funcionar en equipo, sometiendo las distintas hipótesis de trabajo y los resultados parciales obtenidos a la consideración de todos sus miembros, y, de otra, que cada científico debe poseer un conocimiento bastante completo de las disciplinas en que son especialistas los otros científicos del equipo, debiendo existir entre ellos el profundo deseo, que Wiener califica incluso de «necesidad espiritual», de «comprender la región elegida como un todo»¹².

al piloto, o al arte de gobernar. El término, no obstante, se encuentra ya en un diálogo de Platón y en el físico Ampère, quien en 1834 lo usó en su clasificación de las ciencias.

⁹ WIENER, N.: *Cibernética y sociedad*. Buenos Aires, Sudamericana, 1969, pág. 16.

¹⁰ MOLES, A.: *Teoría de la información y percepción estética*. Madrid, Júcar, 1976, págs. 54-55.

¹¹ WIENER, N.: *Cibernética*, op. cit., pág. 28.

¹² Aunque condicionados por una tradición científica mucho más débil, cuando se crearon los primeros seminarios del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid bajo la coordinación del matemático Ernesto García Camarero, el espíritu fundacional que los animó fue también inequívocamente interdisciplinar y volcado en el trabajo en equipo.

Las iniciales investigaciones de Wiener en colaboración con Rosenblueth, orientadas al campo de la fisiología, van a tomar un nuevo rumbo gracias al comienzo de la Segunda Guerra Mundial en septiembre de 1939. Ya por esta fecha Wiener era plenamente consciente de que «si se producía una emergencia nacional, mi función en ella vendría determinada en gran manera por dos cosas: mi estrecho contacto con el programa de máquinas computadoras desarrollado por el Dr. Vannevar Bush y mi propio trabajo conjunto con el Dr. Vuk Wing Lee en el diseño de redes eléctricas»¹³.

Cuando en el verano de 1940 Wiener vuelve su atención hacia el desarrollo de máquinas computadoras para la solución de ecuaciones diferenciales parciales, estimó conveniente, a fin de obtener unos resultados razonables, sugerir los siguientes requerimientos: a) el aparato central sumario y multiplicador de la máquina computadora debía ser numérico; b) los mecanismos habrían de depender de tubos electrónicos; c) adopción de la escala de dos para la adición y la multiplicación (sistema binario); d) la secuencia completa de operaciones habría de ser desarrollada por la propia máquina; e) la máquina debería ser capaz de almacenar los datos. Estas recomendaciones, aunque se dejaron momentáneamente de lado por otras prioridades determinadas por el conflicto bélico, «contienen ideas que han sido aplicadas a la moderna máquina computadora ultrarrápida», de igual modo que «todas ellas son ideas de interés en conexión con el estudio del sistema nervioso»¹⁴.

Entre todas las recomendaciones señaladas por Wiener, debemos fijarnos especialmente en la que hace referencia a la adopción del sistema binario para las máquinas computadoras entonces en proceso de creación, ya que ese sistema, inventado por Leibniz y basado en el uso de sólo las cifras 0 y 1, constituye asimismo la base del lenguaje de los ordenadores, por muy avanzados que éstos sean. La recomendación de Wiener repite la que ya había hecho Couffignal desde 1934, justificada en la dificultad que tenían las máquinas de calcular en dominar el sistema decimal, en el que era preciso elaborar un sistema de diez posiciones distintas. El sistema de numeración binaria¹⁵, por el contrario, recurre a sólo dos posiciones: sí o no, hay algo o no hay nada, 1 o 0.

¹³ WIENER, N.: *Cibernética*, op. cit., pág. 30. Vannevar Bush, ingeniero electricista norteamericano (1890-1974), estudió y trabajó en el Instituto Tecnológico de Massachusetts. Entre sus numerosas tareas, desempeñó un importante papel en las investigaciones que dieron por resultado la construcción de la bomba atómica, así como en el movimiento de ideas de las que nació la cibernética.

¹⁴ WIENER, N.: *Cibernética*, op. cit., págs. 31-32.

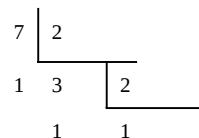
¹⁵ La traducción de una cifra del sistema decimal al lenguaje binario es relativamente sencilla. Veamos un par de ejemplos. La cifra 5, como cualquier otra, según el sistema decimal, se descompone en una ecuación de segundo grado [$ax^2 + bx + c = 0$], es decir, $5 = 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2 + 1 = 4 + 0 + 1$. Para convertir la cifra 5 al lenguaje binario se procede a la división adjunta, de modo que $5 = 101 = 100 + 0 + 1$ [centenas, decenas y unidades] = 4 [porque en el sistema binario 100 es el número que representa la cifra 4] + 0 + 1 = $1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2 + 1 = 5$

$$\begin{array}{r} 5 \overline{) 2} \\ 1 \quad 2 \quad \underline{2} \\ 0 \quad \quad 1 \end{array}$$

Pero el proyecto que mayor repercusión iba a tener en el desarrollo de la cibernética fue el emprendido por Wiener casi inmediatamente después de comenzada la guerra con el fin de proceder al perfeccionamiento de la artillería antiaérea. De sus razonamientos sobre esta cuestión, hay dos particularmente interesantes en relación a nuestro asunto. El primero, referido a la absoluta precisión que ha de llevar el proyectil para dar en el blanco, establece que «predecir el futuro de una curva [en este caso, la de un aeroplano a gran velocidad] implica resolver una cierta operación sobre su pasado»; el segundo alude al control humano de la máquina (aeroplano), es decir, los movimientos y características de la actuación del piloto, ya que este conocimiento es también determinante para solucionar el problema de que el proyectil alcance el blanco. Sobre esta segunda cuestión, Wiener concluye que «un factor extremadamente importante en la actividad voluntaria [del piloto] es lo que los ingenieros de control denominan *regenerador*». La idea aquí clave es que «cuando se desea un movimiento para seguir un modelo dado, la diferencia entre ese modelo y el movimiento llevado a cabo, de hecho se utiliza como

La cifra 7, según el sistema decimal, se descompone en una ecuación de segundo grado, es decir, $7 = 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2 + 1 = 4 + 2 + 1$.

Para convertir la cifra 7 al lenguaje binario se procede de nuevo a dividir por 2 hasta alcanzar la unidad, de modo que $7 = 111 = 100 + 10 + 1$ [centenas, decenas y unidades] = 4 [porque en el sistema binario 100 es el número que representa el 4] + 2 [porque en el sistema binario 10 es el número que representa el 2] + 1 = $1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2 + 1 = 7$.



Sobre el sistema de numeración binaria, véase el clarificador artículo «Explicación de la aritmética binaria», escrito por Leibniz el 5 de mayo de 1703 y que aparece publicado en el catálogo de la exposición *Impulsos: arte y ordenador*, Madrid, Instituto Alemán, 1972, págs. 5-7. De otro lado, es el momento de recordar aquí la altísima estima en que Wiener tenía al inventor del sistema de numeración binaria, el matemático y filósofo alemán Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), uno de los espíritus más universales y verdaderamente enciclopédicos de todos los tiempos, quizás el último «hombre que haya tenido un dominio completo de la actividad intelectual de su época» (*Cibernética*, op. cit., pág. 28). La significación de Leibniz en la prehistoria de la cibernética queda meridianamente explicada en estas palabras de Wiener en el mismo libro (págs. 42-43): «Si tuviere que escoger un santo patrón de la cibernética fuera de la historia de la ciencia, tendría que escoger a Leibniz. La filosofía de Leibniz se centra sobre dos conceptos estrechamente relacionados: el de simbolismo universal y el de cálculo racional. De ellos proceden la notación matemática y la lógica simbólica de nuestros días. Ahora bien, así como el cálculo aritmético se presta a una mecanización progresiva desde la máquina computadora de despacho a las máquinas computadoras ultrarrápidas del presente, así el *calculus ratiocinator* de Leibniz contiene los gérmenes de la *machina ratiocinatrix*, la máquina racional. Ciertamente, el mismo Leibniz, como su predecesor Pascal, estaba interesado en máquinas computadoras de metal. No es, por consiguiente, sorprendente que el mismo impulso intelectual que ha llevado al desarrollo de la lógica matemática haya llevado al mismo tiempo a la ideal o actual mecanización de procesos del pensamiento». En *Cibernética y sociedad*, de otra parte, no sólo se refiere Wiener al interés de Leibniz y Pascal por los autómatas (pág. 21), sino a la preocupación de Leibniz por la óptica y los mensajes, la cual «desempeña un importante papel en dos de sus ideas originales: la *Characteristica Universalis*, o sea, un lenguaje científico para todas las artes y ciencias y el *Calculus Ratiocinator* o cálculo lógico que, aunque imperfecto, es el antepasado directo de la moderna lógica matemática» (pág. 18). Un poco más adelante, llega a decir que «Leibniz, poseído por la idea de las comunicaciones, es en varios aspectos el antepasado intelectual de los conceptos de este libro».

una nueva entrada para hacer que la parte regulada se mueva en tal dirección que realice su movimiento más cerca al dado por el modelo»¹⁶.

Junto a este concepto de *regenerador*, Wiener también se refiere a otras dos ideas fundamentales que aparecen en sus investigaciones sobre ingeniería del avión, llevadas a cabo en colaboración con Julian H. Bigelow: la idea de *mensaje* y la de *cantidad de información*. Ambos conceptos serían utilizados por las estéticas informacionales en el análisis y comprensión de las obras artísticas cibernéticas. Respecto a la primera, señala que «en la comunicación sobre ingeniería del avión se hizo claro para Bigelow y para mí que los problemas de ingeniería de control y de ingeniería de comunicación eran inseparables y que se centraban no sobre la técnica de ingeniería eléctrica sino sobre la noción mucho más fundamental del mensaje, ya fuera transmitido por medios eléctricos y mecánicos o nerviosos»¹⁷, definiéndola a continuación como la «secuencia continua o discontinua de sucesos medibles distribuidos en el tiempo»¹⁸.

La otra noción, la de *cantidad de información*, no sólo es capital en la moderna teoría de las comunicaciones, sino que su repercusión será enorme en las llamadas estéticas científicas o informacionales, como las de Max Bense o Abraham Moles, que analizaremos en el siguiente capítulo. El avance de la ingeniería de la comunicación supuso necesariamente el desarrollo de «una teoría estadística de la cantidad de información, en la que la cantidad y unidad de información era aquella transmitida como una sola decisión entre alternativas igualmente probables»¹⁹. Esta idea fundamental apareció simultáneamente en las investigaciones que llevaban a cabo por separado R. A. Fisher, Claude Shannon²⁰ y el propio Wiener.

¹⁶ *Cibernética*, op. cit., págs. 32 y ss.

¹⁷ *Ibidem*, pág. 37.

¹⁸ En *Dios y Golem*, op. cit., pág. 41, define el mismo concepto como «una secuencia de cantidades que representan señales en el mensaje» (el propio Wiener, también en *Cibernética*, op. cit., pág. 79, ya había apuntado que «el principal interés de la ingeniería de la comunicación es la reproducción precisa de una señal»). La noción de mensaje es fundamental en la teoría de la información y de las comunicaciones, pilares a su vez de la estética cibernética. La definición propuesta por Abraham Moles difiere poco de la de Wiener: «el mensaje, soporte físico o psicofísico de la transmisión, se presenta, pues, como una *secuencia de elementos* tomados de un repertorio de signos por el emisor, quien los reúne conforme a ciertas leyes inherentes al mensaje que debe transmitir al receptor»; dicho de otro modo: mensaje es «lo que permite construir una forma para el receptor mediante el ensamblaje de los signos que se le ofrecen». MOLES, A. y ZELTMANN, C. (a cargo de): *La comunicación y los mass media*. Bilbao, Mensajero, 1975, págs. 135 y 374.

¹⁹ *Cibernética*, op. cit., pág. 40. La cursiva es mía.

²⁰ Claude Shannon, brillante ingeniero de los Laboratorios Bell, creó, entre 1943-45 y bajo la influencia de las ideas de Wiener en torno a la cibernética, las bases de la teoría matemática de las comunicaciones, expresada por él en la esencial obra *The mathematical Theory of Communication*, publicada en 1948. En lo que aquí interesa, su contribución más destacada fue la de proporcionar al término «información» un sentido preciso, expresando matemáticamente la «cantidad de información» transmitida por el mensaje. Adviértase que el término «información» no es usado en las investigaciones que comentamos en el sentido corriente de «noticia», sino en el de «medida de la reducción de la incertidumbre que puede haber a propósito del estado de una parte del universo (lo que ocurre en el lugar emisor) por medio de un mensaje». Para determinar matemáticamente la «cantidad de información» del mensaje,

Durante el invierno de 1943, Wiener constata la simultánea investigación que viene realizándose en diversos centros de los Estados Unidos con el propósito de construir máquinas computadoras: la Universidad de Harvard, Aberdeen Proving Ground (Maryland), la Universidad de Pensilvania, el Institute for Advanced Study de Princeton y el Massachusetts Institute of Technology de Boston. También por esas fechas Wiener intensifica los contactos con otros colegas, especialmente con el Dr. Aiken de Harvard, el Dr. Von Neumann, del Institute for Advanced Study, y el Dr. Goldstine, quien trabajaba entonces en la Universidad de Pensilvania en las máquinas ENIAC²¹ y EDVAC²². De todos los científicos con los que Wiener establecerá por esa época

Shannon partió del estudio de la combinación de señales de todo o nada (señales binarias) transmitida de un punto a otro por un «canal exento de ruido». Con ello demostró dos cosas: 1º, que cualquier mensaje podía reducirse a una combinación de señales de «todo o nada», de 0 y 1; 2º, que lo que constituye el valor de un mensaje tan reducido para el receptor es la imprevisibilidad relativa de las sucesivas combinaciones de los dos únicos elementos del repertorio: el 0 y el 1. Extendiendo posteriormente estas ideas al uso en proporciones variables que hacemos de las letras del alfabeto, creó la ahora llamada *fórmula fundamental de Shannon*, mostrando que el valor del mensaje podía traducirse en una magnitud que denominó *información* (cantidad de información), y que era equivalente, en el mundo de los signos, a lo que Boltzmann había llamado *entropía* para referirse a la agrupación de las partículas gaseosas en un recipiente. La fórmula era:

$$H_{\text{bits}} = - \sum_{i=1}^n p_i \log_2 p_i$$

donde,

H: información;

N: número de señales del mensaje;

$\sum_{i=1}^n$

: suma de todos los términos que tienen la misma forma desde el 1º ($i=1$) hasta el enésimo;

$i=1$

p_i : probabilidad de la señal i .

Sobre esta importante cuestión, véase, *Teoría de la información y percepción estética*, op. cit., págs. 42-94.

²¹ El Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC), cuyo nombre secreto fue el de proyecto PX —la confidencialidad del proyecto se basaba en que su propósito era mejorar la trayectoria de los misiles antiaéreos—, lo desarrollaron John Presper Eckert y John W. Mauchly en la Moore School of Electrical Engineering de la Universidad de Pensilvania, por encargo del Ballistic Research Laboratory del Aberdeen Proving Ground, y fue presentado en público el 15 de febrero de 1946. Está considerado como el primer ordenador electrónico del mundo, aunque se trata más bien de un potente calculador electrónico, ya que no poseía un programa almacenado en memoria. Pesaba treinta toneladas, se utilizaron en su construcción casi 18.000 válvulas de vacío, su potencia era de 150.000 vatios, podía hacer unas 300 multiplicaciones por segundo y ocupaba una estancia de 200 m². Véase, BARCELÓ, M.: «Cincuenta años de leyenda informática», diario *El País* (edición de Andalucía), 7-2-1996. Recordemos también aquí que el progenitor del computador moderno es la máquina analítica inventada por el inglés Charles Babagge en 1833, primera concepción de una máquina controlada por programa. Como precursor del cálculo automático, también habría que citar al ingeniero y matemático español Leonardo Torres Quevedo (1852-1936). Un buen resumen de las principales etapas en el desarrollo de las computadoras es el artículo de ZUSE, K.: «Las ciencias y las máquinas calculadoras», en *Impulsos: arte y ordenador*, op. cit., págs. 8-16.

²² El ordenador electrónico automático de variables discretas (EDVAC) también se construyó en la Moore School, entre 1947 y 1950, para el Ballistic Research Laboratory del Aberdeen Proving Ground. Se trataba ya de una verdadera máquina de programa almacenado, empleando un sistema de numeración binaria. Su capacidad de almacenamiento era de 1024 palabras de 44 dígitos binarios cada una. Véase, CRAWFORD, F.R.: *Introducción al proceso de datos. Tomo I. Los ordenadores y sus aplicaciones*. Madrid, Ibérico Europea de Ediciones, 1975, págs., 68-69. Véase también la nota siguiente.

una valiosa comunicación, el más importante sin duda es Von Neumann. La fundamental contribución de John von Neumann, nacido en Budapest en 1903 y muerto en los Estados Unidos en 1957, al campo de la alta matemática, tendría enormes repercusiones en el pensamiento contemporáneo y en el desarrollo de la cibernética. En lo que aquí importa, Von Neumann fundamentó nada menos que las relaciones entre cibernética y ordenadores, suministró los principios básicos de la programación²³, elaboró la teoría de los juegos²⁴ y demostró la posibilidad que tienen las máquinas de reproducirse²⁵. Al tiempo que Wiener, si bien presentó sus conclusiones en septiembre de 1948, Von Neumann también puso de relieve el riguroso paralelismo entre el cerebro huma-

De otro lado, conviene recordar aquí que fue en 1951 cuando se instaló el primer modelo comercial de ordenador de programa almacenado (UNIVAC I), concretamente en la Oficina del Censo de Estados Unidos, en Washington D.C.

²³²³ Fue Neumann, recuerda Abraham Moles, quien «tuvo la idea de que los trayectos de transferencia de los datos desde un punto a otro del ordenador, materializados antes por un cuadro de conexión que enlazaba los diversos registros, representaban, de hecho, a su vez, cierto tipo de *datos particulares* suministrados a propósito de la manipulación de los datos y que, por tanto, debían poder simbolizarse, codificarse e incorporarse en las memorias del ordenador, dando lugar, en consecuencia, a un *programa integrado*. Idea tan fundamental y tan simple que la mayoría de los programadores modernos la toman como axiomática, como una evidencia que en su tiempo fue adquirida tras muchos esfuerzos». *La comunicación y los mass media*, op. cit., pág. 668. Debe aclararse, sin embargo, que lo que se conoce en la historia de la informática como *arquitectura Von Neumann*, esto es, los ordenadores con un programa almacenado en memoria, no hubiera sido posible sin la decisiva intervención de los creadores del ENIAC, Eckert y Mauchly, quienes, para no sacrificar este último proyecto, diseñaron paralelamente a aquella una nueva máquina con programa integrado. Al incorporarse Von Neumann, a instancias de Herman H. Goldstine —quien en nombre del Ballistic Research Laboratory supervisaba el proyecto PX—, a la Moore School, tuvo inmediatamente noticia del proyecto paralelo de Eckert y Mauchly con la máquina provista de un programa almacenado. El caso es que, con su sola firma, Von Neumann publicó el 30 de junio de 1945 un célebre artículo, *First Draft of a Report on EDVAC*, con el que ha pasado a la historia como si fuese el único descubridor del programa integrado. Un año más tarde, el 28 de junio de 1946, apareció otro documento clásico, *Discusión preliminar del diseño lógico de un instrumento electrónico de Cálculo*, firmado por Von Neumann y Goldstine, donde se desarrollan los revolucionarios conceptos de programa integrado y aplicación del sistema numérico binario a los ordenadores. Otra importante contribución de Von Neumann a la historia de los ordenadores es la creación del Mathematical Analyser Numerical Integrator and Computer (MANIAC), reflejo de su creencia en la posibilidad de construir máquinas que funcionasen como auténticos cerebros artificiales, precisamente en el momento de la gran carrera atómica en Los Álamos, proyecto en el que será decisiva la intervención del MANIAC. Véase, CRAWFORD, F. R.: *Introducción al proceso de datos*, op. cit., págs. 65-68.

²⁴ En su resonante obra conjunta *La teoría de los juegos y el comportamiento económico* (*Theory of Games and Economic Behavior*, 1944), Von Neumann y Oskar Morgenstern estudian los llamados juegos de estrategia, en los que existe oposición entre dos o más contendientes. Lo que interesa a esta teoría son los aspectos lógicos de la estrategia, es decir, se procede a un análisis lógico de los datos, circunstancias, decisiones, etc. que van envueltos en el juego. El modo de análisis consiste en dar valores numéricos a las situaciones. El cálculo usado se sitúa entre lo determinado y lo aleatorio. Véase el artículo dedicado al término «juego» en FERRATER MORA, J.: *Diccionario de filosofía*. Buenos Aires, Sudamericana, 1971, págs. 1031-1033. En su comentario sobre la capacidad que tienen las máquinas para aprender, especialmente las máquinas de jugar, Wiener matiza algunos aspectos de la teoría de los juegos de Von Neumann. Véase, *Dios y Golem*, op. cit., págs. 20 y ss.

²⁵ Nos referimos a sus demostraciones con ciertos artefactos llamados *máquinas de Turing*, denominadas así por el nombre de su inventor, el matemático británico Alan Mathison Turing (Londres, 1912 - Wilmslow, 1954), quien también desarrolló un modelo de computabilidad que sirvió de patrón para las operaciones realizadas por todos los ordenadores digitales o de estado discreto.

no y la computadora, además de sentar uno de los principios básicos de la biónica²⁶.

Una vez realizados los contactos señalados, Wiener acuerda con Von Neumann celebrar un encuentro entre todos los interesados en la cibernética, producido en Princeton en el invierno de 1943-44 y marcado por un profundo carácter interdisciplinar, ya que congregó una importante representación de matemáticos, ingenieros y fisiólogos. El principal acuerdo de esta reunión fue que había que realizar esfuerzos en usar un vocabulario común entre todos los científicos que investigaban en proyectos relacionados con la cibernética. A esta convocatoria siguieron otras, como la que tuvo lugar en Nueva York en la primavera de 1946, cuyo objetivo era efectuar una puesta al día de los resultados derivados de la investigación en diferentes parcelas relacionadas con la cibernética, y en donde se consolidó la presencia de psicólogos, antropólogos y sociólogos.

2.2. Cibernética y neurofisiología.

Por su propia naturaleza, la cibernética es una ciencia que se halla estrechamente relacionada con otras importantes disciplinas, sin cuyo concurso no habría podido desarrollarse, especialmente la lógica matemática, la neurofisiología y la ingeniería, pero también la psicología, la antropología y la sociología. Por lo que respecta a la lógica matemática²⁷, ya hemos dicho que para Wiener no debería sorprendernos «que el mismo impulso intelectual que ha llevado al desarrollo de la lógica matemática haya llevado al mismo tiempo a la ideal o actual mecanización de procesos de pensamiento»; más aún: «ha llegado a ser muy evidente que el desarrollo de una teoría lógico matemática está sujeto a la misma clase de restricciones que las que limitan el funcionamiento de una máquina computadora»²⁸. En cuanto a la neurofisiología, «el carácter de ‘todo o nada’ de la descarga de las neuronas es precisamente análogo a la elección única hecha para determinar un dígito en la escala binaria, que más de uno de nosotros ha considerado ya como la base más satisfactoria del diseño de la máquina computadora»³⁰. Otro paralelismo es el que se establece entre la memoria humana, que es una función básica del sistema nervioso, y la memoria artificial de la máquina: «Entre el sistema nervioso y la má-

²⁶ La biónica es una disciplina relacionada con la cibernética, según la cual el modelo para establecer los principios en que se fundan los mecanismos de las máquinas nos lo proporcionan los organismos biológicos. Von Neumann tomará ciertas funciones del cerebro como modelo de las funciones que había de realizar la computadora.

²⁷ Wiener, antiguo alumno de Bertrand Russell (1872-1970), reconoce deberle mucho al autor de los *Principia Mathematica*, uno de los padres de la lógica matemática.

²⁸ *Cibernética*, op. cit., pág. 43.

²⁹

³⁰ *Ibidem*, pág. 45. En *Dios y Golem* (op. cit., pág. 39) también habla, al igual que Von Neumann, de un «paralelismo entre la reproducción mecánica —máquinas que se reproducen a sí mismas— y la biológica».

quina automática existe una analogía fundamental, pues son dispositivos que toman decisiones basándose en otras que hicieron en el pasado»³¹. También existe una equivalencia entre los órganos por los que la máquina recibe sus impresiones y los órganos sensoriales del hombre y el animal. En definitiva, «los numerosos autómatas de la época actual están acoplados al mundo exterior tanto por la recepción de impresiones como por la ejecución de acciones. Contienen órganos sensoriales, causas eficientes y el equivalente de un sistema nervioso para integrar la transferencia de información de uno al otro»³². Y también: «Afirmando que el funcionamiento en lo físico del ser vivo y el de algunas de las más nuevas máquinas electrónicas son exactamente paralelos en sus tentativas análogas de regular la entropía mediante la retroalimentación»³³.

Corolario de las señaladas correspondencias, así como de la analogía entre la lógica humana y la lógica de la máquina, es la habilidad que tienen las computadoras para aprender³⁴ y para reproducirse³⁵.

A todas las anteriores conclusiones sobre la relación entre la neurofisiología y la cibernética, evidenciada en la profunda correspondencia entre los organismos vivos y la computadora, habían llegado en el otoño-invierno de 1943 conjuntamente Wiener, Rosenblueth y Walter Pitts. Este último, estudiante en Chicago con Carnap³⁶, había estado en contacto con Rashevsky y su escuela de biofísicos, y acababa de realizar una investigación con McCulloch sobre los mecanismos nerviosos, finalizada la cual acudió al Massachusetts Institute of Technology de Boston a fin de ampliar sus estudios matemáticos y

³¹ *Cibernética y sociedad*, op. cit., pág. 32. Del mismo modo que en el hombre y en los animales existe un sentido cenestésico, según el cual recuerdan la posición y tensión de sus músculos, también las máquinas computadoras, para que funcionen de manera adecuada, deben ser informadas acerca de los resultados de sus propias acciones como parte de los datos de acuerdo con los cuales deben actuar. La regulación de una máquina de acuerdo con su funcionamiento real y no respecto a lo que se espera de ella se llama retroalimentación, que es una de las nociones fundamentales de la cibernética. Sobre el concepto de memoria, véase lo que dice Wiener en el último libro citado (págs. 23-25) y en *Cibernética*, op. cit., pág. 84.

³² *Cibernética*, op. cit., pág. 85.

³³ *Cibernética y sociedad*, op. cit., pág. 25. A pesar de lo dicho, sería un error deducir de ello que el cerebro humano y la computadora son idénticos. A este respecto dice Wiener que «una importante diferencia entre la manera como usamos el cerebro y la máquina es que la máquina está dispuesta para muchas operaciones sucesivas, ya con ninguna referencia una con otra, o con una referencia mínima, limitada, y que puede quedar limpia entre tales operaciones; mientras que el cerebro, en el curso de su naturaleza, nunca, ni siquiera aproximadamente, limpia sus recuerdos pasados. Por tanto, el cerebro, bajo circunstancias normales, no es el completo análogo de la máquina computadora, sino más bien el análogo de una sola operación de tal máquina». *Cibernética*, op. cit., pág. 200. Y también (pág. 216): «Ninguna otra máquina computadora se aproxima a la economía de energía del cerebro».

³⁴ «Un sistema organizado puede definirse como aquel que transforma un cierto mensaje de entrada en uno de salida, de acuerdo con algún principio de transformación. Si tal principio está sujeto a cierto criterio de validez de funcionamiento, y si el método de transformación se ajusta a fin de que tienda a mejorar el funcionamiento del sistema de acuerdo con ese criterio, se dice que el sistema *aprende*». *Dios y Golem*, op. cit., pág. 23.

³⁵ «Las máquinas están perfectamente capacitadas para hacer otras máquinas a su propia imagen». *Ibíd.*, pág. 21.

³⁶ Rudolf Carnap (1891-1970), filósofo y lógico alemán, nacionalizado estadounidense, es uno de los máximos representantes de la escuela neopositivista conocida con el nombre de Círculo de Viena. Enseñó en Chicago entre 1938-1954.

colaborar con Wiener y Rosenblueth en la nueva ciencia cibernética, todavía no bautizada con este nombre.

2.3. Aplicaciones prácticas de la cibernética.

Algunos de los campos más destacados en los que la cibernética tiene, o puede tener en el futuro, importantes aplicaciones prácticas, son las prótesis en miembros amputados o paralizados, la construcción de robots y máquinas artificiales, la de máquinas diseñadas para realizar diagnósticos médicos y las máquinas de traducir³⁷.

Pero va a ser en el campo de las ciencias humanas, principalmente en la sociología y en la economía, donde desde muy pronto se pretenderá que incida la cibernética, a fin de paliar o resolver los agudísimos problemas sociales y económicos de nuestra época. Amparándose en la importancia de la noción y técnica de la comunicación en el sistema social, así como en los trabajos de Von Neumann y Morgenstern sobre la teoría de los juegos, los antropólogos doctores Gregory Bateson y Margaret Mead insistieron a Wiener para que dedicase una gran parte de sus energías a discutir la relación de la cibernética con el conjunto social, a fin de paliar «los problemas sociológicos y económicos de la presente era de confusión». La penetrante y elaborada res-

³⁷ Acerca de estas últimas, un auténtico desafío para la cibernética, Wiener está convencido que, habida cuenta del escaso desarrollo de la ciencia lingüística —circunstancia que impide la viabilidad de confiar el criterio de cuándo una traducción es buena a un hipotético conjunto completo de reglas objetivamente aplicables que determinen el cumplimiento de ese criterio—, la mecanización de la traducción comporta necesariamente el aprendizaje de la máquina, pero reemplazando la pura mecanización por un sistema «mecanicohumano», esto es, «incluyendo como crítico a un traductor humano experto, que lo enseñe mediante ejercicios, a la manera que un maestro de escuela instruye a sus alumnos». El profesor Silvio Ceccato, del Centro de Cibernética y de Actividades Lingüísticas de la Universidad de Milán, por su parte, estima que la enorme complejidad y dificultad para hacer realidad estas máquinas de traducir, deriva del hecho de que «traducir comporta la comprensión de un texto y la transformación del pensamiento suscitado en las formas típicas de la lengua a la que el texto se ha traducido». Según este autor, la ambición de construir una máquina de traducir está relacionada, de un lado, con la búsqueda de transformar expresiones lingüísticas en algoritmos* y, de otro lado, con la de proporcionar a la lengua un método cuantitativo. Acerca de este último propósito, existen dos vías: a) vía practicista, que intenta llevar sus resultados lingüísticos a la máquina sin recurrir a sistemas auténticos y propios; b) aquella que se fija en aspectos teóricos, y que ve las expresiones lingüísticas como estructuras, estudiando todo elemento por su relación a otros. Otra cuestión relacionada con la anterior es la de crear una lengua universal, proyecto que ya hemos visto que también era uno de los sueños más ambiciosos de Leibniz. «Esta lengua, dice Ceccato, no habría de inspirarse parasitariamente en una o dos de las lenguas existentes, sino que habría de reflejar un universo de contenidos preparado y ordenado de manera controlada, como ocurre en el lenguaje musical». El mismo teórico e investigador italiano se dedicó a esta tarea en el decenio de los sesenta, empezando por trazar sistemas clasificatorios de arranque universal. Véase, sobre las máquinas traductoras, *Dios y Golem*, op. cit., págs. 85-89, y la entrevista que le hizo Ignacio Gómez de Liaño al profesor Ceccato en el diario *Madrid* del 2-7-1969.

*Algoritmo: término que deriva de Al-Huwarizmi, sobrenombre del matemático árabe del siglo IX que desarrolló las reglas formales del álgebra. Se trata del conjunto de reglas precisas que definen un proceso de razonamiento en orden a obtener un resultado concreto. Por ejemplo, la sucesión de raíces cuadradas, funciones trigonométricas o logaritmos necesarios para efectuar un cálculo determinado. En una computadora, de igual modo, sería la serie de instrucciones de un subprograma al que el programa principal habrá de acudir para resolver un problema o cálculo particular.

puesta del insigne científico, en la que se aprecia el riguroso método de trabajo que siempre había detrás de sus análisis e investigaciones, incide directamente sobre las por él consideradas evidentes limitaciones de las ciencias humanas: «No puedo compartir ni su sentimiento [el de sendos antropólogos] de que este campo [el propio del sistema social] atraiga en primer lugar mi atención, ni su buena disposición sobre que se pueda registrar un suficiente progreso en esta dirección para conseguir un apreciable efecto terapéutico en los males presentes de la sociedad. Para empezar, *las principales cantidades que afectan a la sociedad no son estadísticas, sino que las series de estadísticas en las que se basan son excesivamente pequeñas*. [...] Para unas buenas estadísticas de la sociedad, se necesitan largas series *bajo condiciones esencialmente constantes*» [como ocurre en el caso de la astronomía o de la moderna física de las partículas atómicas]³⁸. Quienes pretenden extender los métodos de las ciencias naturales al campo de las ciencias sociales, albergando así falsas esperanzas acerca de nuestro control sobre nuestro entorno social, «muestran un excesivo optimismo y un mal entendimiento de la naturaleza de toda realización científica. Todos los grandes éxitos de una ciencia precisa se han hecho en campos donde hay un cierto alto grado de aislamiento del fenómeno desde el observador»³⁹. Esta respuesta se ve notablemente enriquecida por lo que aduce Wiener en el último capítulo de *Dios y Golem*, donde formula una lúcida crítica a la pretensión de las ciencias sociales de hacer un uso de la matemática como el que hace, por ejemplo, la alta física matemática, cuando, en realidad, «las matemáticas que emplean los científicos sociales y la física matemática que usan como patrón son la matemática y la física matemática de 1850»⁴⁰. «El juego económico —dirá más adelante— es un juego en el que las reglas están sujetas a importantes revisiones, digamos cada diez años, y manifiesta una incómoda semejanza con el juego de croquet de la Reina de *Alicia en el País de las Maravillas*. En tales circunstancias no hay perspectivas de que pueda lograrse una medida muy precisa de las cantidades involucradas. El asignar a esas cantidades esencialmente vagas una significación para que tengan un valor preciso no es útil ni honesto, y cualquier pretensión de aplicar una formulación precisa a esas cantidades negligentemente definidas es una impostura y una pérdida de tiempo»⁴¹. De ahí que «las ciencias sociales son un mal campo de demostración de las ideas de la cibernética», lo que «no significa que [...] no sean aplicables a la sociología y la economía. Significa, más bien, que estas ideas deben ser probadas en ingeniería y biología antes de ser aplicadas a un campo tan indefinido»⁴².

³⁸ *Cibernética*, op. cit., pág. 59. La cursiva empleada en la primera parte de la respuesta es mía.

³⁹ *Ibíd.*, págs. 257-258.

⁴⁰ *Dios y Golem*, op. cit., pág. 97. Unas líneas antes (pág. 94) ya había dicho que «la cibernética no existe si no es matemática, si no *in esse, in posse*» [es decir, si no «efectivamente», «realmente», al menos «potencialmente», «con posibilidad de existencia» de ser matemática].

⁴¹ *Ibíd.*, pág. 98.

⁴² *Ibíd.*, pág. 99.

2.4. Problemas filosóficos y aspectos morales de la cibernética.

En el primer capítulo de su libro *Cibernética*, referente al problema del tiempo en relación con la ingeniería de la comunicación, Wiener hace una serie de interesantes consideraciones de carácter filosófico⁴³. La cuestión central es la de la reversibilidad e irreversibilidad del tiempo. En la mecánica de Newton el tiempo es reversible. Esto significa que «las leyes fundamentales de esta mecánica permanecían inalterables por la transformación de la variable de tiempo t en su negativo». Dicho de otra manera: «Si tuviéramos que tomar una fotografía en movimiento de los planetas, acelerada para mostrar una fotografía perceptible de actividad, y tuviéramos que pasar la película hacia atrás, aún sería una fotografía posible de los planetas conforme a la mecánica de Newton». Este modelo teórico, sin embargo, no es aplicable a la teoría e ingeniería de la comunicación. Según Wiener, «dentro de cualquier mundo con el que podemos comunicar, la dirección del tiempo es uniforme». Para explicar esta aseveración pone el ejemplo de un «experimento intelectual que consiste en tener la imagen de un ser inteligente cuyo tiempo corre en sentido diferente al nuestro. Para tal ser resultaría imposible tener cualquier comunicación con nosotros». En su crítica al concepto absoluto de tiempo en Newton, Wiener llega a afirmar que «no existe una sola ciencia que esté exactamente en conformidad con el estricto modelo newtoniano», verbigracia las ciencias biológicas. La evolución, la biología y la ingeniería de la comunicación son ciencias que están basadas en un concepto irreversible del tiempo: «El individuo es una flecha apuntada al tiempo en un solo sentido».

En el paso del modelo teórico de la física newtoniana, en el que el tiempo es reversible, a ese otro modelo donde el tiempo es irreversible, ocupa un papel relevante la llamada mecánica estadística de Gibbs. En el prólogo de *Cibernética y sociedad*, Wiener se refiere, junto a la aportación del físico austriaco Ludwig Boltzmann (1844-1906), a la decisiva contribución del estadounidense Josiah Willard Gibbs (1839-1903) al nacimiento de la física del siglo XX, en concreto sus descubrimientos en la llamada física estadística o ciencia de la distribución. Hoy sabemos que «la parte funcional de la física no puede dejar de considerar la incertidumbre y la contingencia de los fenómenos»⁴⁴. Fue mérito de Gibbs haber enunciado por primera vez un claro método científico para considerar esa contingencia»⁴⁵. Wiener llega incluso a afirmar que su libro está dedicado a considerar el efecto del punto de vista de Gibbs sobre la vida moderna. Según nuestro autor, «la novedad de Gibbs consistió en considerar, no un universo, sino todos los que son respuestas posibles a un conjunto limitado de cuestiones que se refieren a nuestro medio. Lo fundamental de su idea consiste en discernir hasta qué punto son probables en un conjunto mayor de universos las respuestas que podemos dar a ciertas pregun-

⁴³ Véase, *Cibernética*, op. cit., págs. 67 y ss.

⁴⁴ El arte, dirá Max Bense en su primera *Estética*, es «correalidad contingente».

⁴⁵ *Cibernética y sociedad*, op. cit., pág. 10.

tas para algunos de ellos. Gibbs creía además que esa probabilidad tendería naturalmente a aumentar con la edad del universo. Se llama entropía a la medida de esa probabilidad, cuya característica principal es la de ser siempre creciente»⁴⁶.

Ahora bien —y ésta quizá sea la reflexión filosófico-moral de más calado en toda la obra de Wiener—, el reconocimiento por parte de Gibbs de un elemento fundamental de probabilidad en la estructura del universo, lo emparenta con la tradición de San Agustín, ya que «ese elemento arbitrario, esa carencia de totalidad orgánica es algo que, sin llevar el simbolismo verbal lejos, es el mal; el mal negativo que San Agustín caracteriza como una carencia de perfección, opuesto al principio maléfico positivo de los maniqueos»⁴⁷. Y continúa con estos soberbios e inigualables párrafos:

El hombre de ciencia trabaja continuamente para descubrir el orden y la organización en el universo, por lo que juega una partida contra su archienemigo: la desorganización. ¿Es un diablo maniqueo o agustiniano? ¿Es una fuerza opuesta al orden o es la completa carencia de él? La diferencia entre estas dos clases de demonios aparecerá en las tácticas utilizadas contra ellos. El diablo maniqueo es un opositor como cualquier otro que está decidido a ganar y que utilizará cualquier engaño o simulación para triunfar. En particular, mantendrá en secreto su método de confusión; si pareciera que estamos a punto de descubrir su juego, lo cambiará para seguir manteniéndonos en la oscuridad. En cambio, el diablo agustiniano, que no es una potencia en sí mismo, sino la medida de nuestra propia debilidad, requerirá el uso de todas nuestras fuerzas para descubrirlo, pero cuando lo hayamos conseguido, ello equivaldrá a exorcizarlo y no cambiará sus métodos en materia ya decidida con la simple intención de engañarnos más. El diablo maniqueo juega una partida de póquer contra nosotros y recurrirá con gusto al *bluff*, que, como explica Von Neumann en su *Teoría de los juegos*, no sólo trata de hacernos jugar con el engaño, sino además impedir un triunfo de la otra parte, basándose en el supuesto de que no hemos de mentir.

Comparado con este ser maniqueo de malicia refinada, el diablo agustiniano es tonto. Juega una partida difícil, pero nuestra inteligencia triunfará sobre él de modo tan completo como con una aspersion de agua bendita.

En lo que respecta a la naturaleza del diablo, existe un aforismo de Einstein que es algo más que eso; representa en verdad una afirmación acerca de los fundamentos de la ciencia. «El Señor es sutil, pero no es malvado». La voz señor indica aquí aquellas fuerzas de la naturaleza que incluyen las atribuidas a su humilde servidor, el diablo; Einstein quiere decir que esas fuerzas no mienten. [...] En otras palabras, la habilidad del

⁴⁶ Ibídem, págs. 13-14. El principal eco filosófico de la mencionada transición del tiempo reversible en Newton al tiempo irreversible en Gibbs es la concepción del pensador francés Henri Bergson (1859-1941), quien «resaltó la diferencia entre el tiempo reversible de la física, en el que nada nuevo ocurre, y el tiempo irreversible de la evolución y de la biología, en el que hay siempre algo nuevo». Ibídem, pág. 77.

⁴⁷ Ibídem, pág. 13.

diablo para engañarnos no es ilimitada; pierde su tiempo el hombre de ciencia que busca en el universo una fuerza positiva decidida a engañarnos. La naturaleza se resiste a ser descifrada, pero no demuestra su ingeniosidad en descubrir nuevos e inescrutables métodos para perturbar nuestras relaciones con el mundo exterior⁴⁸.

Hemos visto ya que entre los mayores logros de la cibernética están la construcción de robots y de máquinas artificiales, artefactos que no sólo plantean delicadas cuestiones de orden moral, sino que también afectan, por su propia naturaleza, al desarrollo económico y a la calidad de vida de las sociedades que los producen de forma masiva. Pensemos, por ejemplo, en la hipotética incidencia negativa que puede tener la incontrolada proliferación de esa especie de «esclavos mecánicos» en la creación de empleo, así como en su posible uso para fines malvados y destructivos, incrementando los riesgos de una guerra generalizada. Las nuevas máquinas traen consigo desafíos desconocidos para la inteligencia humana y para nuestros códigos morales de conducta. Hay, sin embargo, ciertas decisiones que los hombres no deben dejar en poder de las máquinas, precisamente porque comportan resoluciones de orden moral⁴⁹. Algunos teóricos, como el mencionado Silvio Ceccato, nos advierten que será muy difícil eludir la progresiva aparición de una nueva moral, nacida no de otras morales, sino de la tecnología imparable. El desarrollo tecnológico y científico favorecería, de este modo, el surgimiento de importantes cambios ideológicos, verbigracia, un mayor consumo, que, a su vez, impulsaría un creciente dinamismo en la sociedad. También cree Ceccato que la sociedad del futuro será más sincera, y esto se conseguirá gracias a que se podrá tomar el pensamiento independientemente del lenguaje, con lo cual se eliminarían dos de las tres posibilidades que ofrece el lenguaje: callar, mentir y decir la verdad. Ceccato no comparte los temores de quienes se horrorizan ante un futuro donde no haya cabida para la mentira, según algunos una necesidad del individuo que lo hace civilizado. Así lo cree, por ejemplo, un psicólogo francés, quien dice que «el día más importante en la vida de un niño es aquel en el que comprende por primera vez que puede y debe mentir, y que

⁴⁸ Ibídem, págs. 33-34.

⁴⁹ Véase, *Cibernética*, op. cit., págs. 62-65 y 266-274. Véase también, *Dios y Golem*, op. cit., págs. 61-62, 71-72 y 77-78. La posición de Wiener en cuanto a que el hombre no debe confiar ciertas decisiones a las máquinas, precisamente por el contenido moral que implican, se ve ampliamente desbordada por el optimismo cientifista que acompañó a determinados proyectos de investigación para la construcción de máquinas artificiales en los sesenta. A este respecto, el programa más ambicioso en esos años en el Centro de Cibernética y de Actividades Lingüísticas de la Universidad de Milán, era la construcción de un modelo de nuestra mente, una computadora, de la que se presumía que podría desarrollar actitudes éticas y estéticas, ejemplo de confianza ciega en la autonomía de la técnica que, incluso hoy, más parece una pretensión derivada de un relato de ciencia-ficción que de un verdadero proyecto científico. En ese mismo Centro milanés, en colaboración con el Consejo Nacional de Investigación de Italia, se construyó en 1956 el primer modelo electromecánico de operaciones mentales, con el nombre de *Adamo II*. Véase, CECCATO, S.: «Estética y cibernética», en *Suma y Sigue del Arte Contemporáneo*, núms. 7-8, Valencia, 1965, pág. 11.

sólo esto lo transforma de salvaje en civil». Para Ceccato, en cambio, una sociedad sincera será «mejor»⁵⁰

⁵⁰ Véase la entrevista de Ignacio Gómez de Liaño al profesor Ceccato en el diario *Madrid* del 2 de julio de 1969.

El arte y el ordenador. Aspectos generales

3.1. Síntesis histórica del «computer graphic» hasta mediados los setenta.

La primera exposición de gráficos generados por una máquina electrónica tuvo lugar en 1953, en el Sanford Museum de Cherokee, Iowa, en los Estados Unidos. Desde ese momento, cuando todavía el expresionismo abstracto y el informalismo eran las corrientes estilísticas hegemónicas en el panorama artístico occidental, la realización de gráficos con el auxilio de máquinas empezó a multiplicarse a un ritmo creciente, hasta llegar a ser vertiginoso y alcanzar su cenit a finales de los sesenta y principios de los setenta, en que esta práctica extendióse por numerosos países.

A pesar de los más de cuarenta años transcurridos desde aquella muestra, no existe unanimidad entre los historiadores y críticos de arte en señalar con precisión la fecha de aparición del llamado arte «cibernético», *computer art* o arte computado, es decir, en qué momento los gráficos de ordenador —

los primeros fueron producidos hacia 1960— pueden ser plenamente considerados obras artísticas; dicho de otra manera: cuándo acaece la decisiva transformación del *computer graphic* en *computer art*. Ya tendremos ocasión de comprobar más adelante lo problemático que resulta tomar una decisión al respecto, entre otras razones porque semejante resolución lleva al mismo tiempo inextricablemente unida la respuesta a la pregunta de qué cosa sea y qué debemos entender por arte, complejísima cuestión que ni mucho menos ha sido resuelta de modo satisfactorio.

El nacimiento del *computer art*, por su propia naturaleza, está estrechamente vinculado al perfeccionamiento de la computadora, una máquina electrónica que procesa datos y que, según hemos explicado en el capítulo precedente, se desarrolló a partir de las investigaciones emprendidas durante la Segunda Guerra Mundial en el vasto campo de la cibernética, una ciencia relacionada a su vez con muchas otras disciplinas y que proporcionó un gran impulso a la teoría de la información. De ahí que el *computer art*, en mayor grado que el arte óptico y que el arte cinético-lumínico, haya supuesto un acercamiento de la práctica artística a las ciencias, principalmente las físico-matemáticas.

Siguiendo la taxonomía establecida por Manuel Barbadillo, la historia del *computer art* puede dividirse en tres grandes periodos¹. En primer lugar, una etapa inicial en la que matemáticos e ingenieros exploran las posibilidades de la máquina y crean los primeros gráficos. La segunda fase, cuyo comienzo se situaría hacia 1967-68, viene determinada por la incorporación de artistas plásticos al mundo de los ordenadores, bien a nivel individual y por sus propios medios, lo que no fue nada frecuente, bien a través de grupos de trabajo interdisciplinares que se formaron en diversos países, siempre en el marco de Centros e Institutos especializados. La última etapa, iniciada a finales de los setenta, surge como consecuencia del extraordinario abaratamiento de los ordenadores, la aparición de los ordenadores personales y la comercialización de potentes programas, avances técnicos que modificarán profundamente los hábitos y comportamientos de quienes se dedican a la producción artística con el auxilio de la computadora.

La mayoría de los estudiosos coinciden en señalar como lejano precedente del *computer graphic* la fascinación gráfica que, en las primeras décadas de este siglo y entre determinados miembros de la comunidad científica—por lo general matemáticos e ingenieros—, ejercieron las llamadas curvas de Lissajous², antes incluso de la existencia de los osciloscopios de rayos ca-

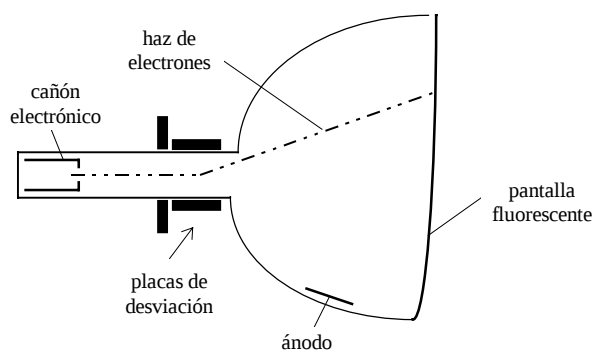
¹ BARBADILLO, M.: «Del gráfico de ordenador al arte de ordenador. La aportación española», *Boletín de Arte* n° 17, Universidad de Málaga, 1996, págs. 433-439. El texto de este artículo corresponde a la conferencia pronunciada por el autor, el 25 de octubre de 1995, en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación de Málaga.

² Curvas que se encuentran en el estudio de la composición de los movimientos vibratorios. Su nombre procede del físico francés Jules Lissajous (1822-1880), que las halló en 1873.

tódicos³, unos instrumentos que fueron usados para ciertos experimentos estéticos con anterioridad a la aparición del concepto de *computer art*. Esa atracción continuó perviviendo todavía en los inicios del *computer graphic*. Maughan S. Mason, por ejemplo, que fue uno de los primeros artistas en hacer uso de la computadora, encuentra la inspiración para sus experimentos gráficos en los movimientos del péndulo. Curvas de Lissajous con computadoras digitales también las hizo R. K. Mitchell, del Batelle Memorial Institute de Columbus, en Ohio, así como Ivan L. Finkle, de la Rand Corporation de Santa Mónica, en California⁴.

El origen de los gráficos generados por medio de computadoras se encuentra en los trabajos realizados a partir de 1950 por Ben F. Laposky, quien diseñó sus gráficos por medio de un sistema de cálculo analógico, haciéndolos visibles sobre la pantalla de un osciloscopio de rayos catódicos. Su trabajo está basado en la superposición de oscilaciones eléctricas de funciones de tiempo variables, que fueron llevadas a las placas del deflector del osciloscopio.

³ El osciloscopio u oscilógrafo es un aparato que registra la curva representativa de una corriente eléctrica variable en función del tiempo. El oscilógrafo de rayos catódicos utiliza un haz de electrones para traducir en forma de curva dibujada en una pantalla variaciones de corriente o de tensión. Puede también registrarse la curva en una película. Si la observación ha de hacerse visualmente, el aparato se llama propiamente osciloscopio, aunque ha sido el término oscilógrafo el que se ha generalizado.



Esquema de un osciloscopio de rayos catódicos.

Herbert W. Franke se ha referido a las ventajas y limitaciones de las pantallas fluorescentes vinculadas a un oscilógrafo de rayos catódicos o las pantallas electrónicas como dispositivos de salida de una computadora, y las ha comparado con las que ofrece el *plotter* (sobre este dispositivo de salida, ver la nota 7 de este mismo capítulo): «Comparado con el *plotter*, la pantalla de imagen electrónica ofrece varias ventajas. En primer lugar, la salida es muy rápida —en fracciones de segundo—, por lo que resulta factible trabajar bajo control visual un proceso por medio del cual se aprovechan correctamente los recursos de la computadora. Además, resulta posible representar cualquier secuencia, y la reproducción (salida) en colores no ofrece dificultades. En cambio, aquí surge la necesidad de documentar las configuraciones por algún procedimiento posterior, empleándose en estos casos generalmente la fotografía. Las imágenes reproducidas por este método sufren por ello los defectos que siempre han caracterizado a la fotografía, lo que a su vez les hace difícil competir con obras de arte». FRANKE, H. W.: «El arte y el computador», en *Impulsos: arte y ordenador*. Madrid, Instituto Alemán, 1972, pág. 18.

⁴ En una carta publicada en 1965 en la revista *Science*, Finkle comparó sus figuras digitales con las figuras analógicas realizadas por Wayne B. Hales en 1945, y así atraer la atención de un público más amplio hacia los problemas de la representación estética generados por la computadora. Véase, FRANKE, H. W.: *Computer graphics, computer art*. Berlín - Heidelberg, Springer-Verlag, 1985, pág. 14.

pio. De esta manera se incrementa enormemente la anchura de las distintas variaciones formales de las oscilaciones. Estos trabajos, a los que denominó *Abstracciones electrónicas*, fueron fotografiados por Laposky directamente de lo que veía en la pantalla fluorescente, y algunos de ellos son los que se expusieron, en 1953, en la mencionada muestra del Sanford Museum de Cherokee, en el Estado norteamericano de Iowa⁵.

En Europa, los gráficos analógicos obtenidos con un osciloscopio de rayos catódicos se conocieron principalmente a través de las exposiciones *Elektronische Graphik* y *Experimentelle Ästhetik*, esta última inaugurada en enero de 1959 en Viena.

En Hamburgo, en 1960, Kurd Alsleben —nacido en Königsberg en 1928, profesor de la Escuela de Bellas Artes de Hamburgo y director del grupo de trabajo *Información Estética* de la Sociedad para Instrucción de Programas en Berlín—, en colaboración con el Dr. Cord Passow, realizó dibujos por medio de un computador analógico⁶ al que se le unió un *plotter*⁷ para tra-

⁵ Es importante subrayar que Laposky no se sirvió de la computadora para realizar sus *Abstracciones electrónicas*, aunque sí hizo uso de máquinas electrónicas (el osciloscopio descrito).

Aunque aquí sólo voy a referirme al *computer graphic*, no está de más precisar que la primera pieza artística en todo el mundo generada con la ayuda de un ordenador fue una composición musical. La opinión de los historiadores, que coincide en el año de su realización, 1956, sin embargo, está dividida en lo que atañe a la identificación de la obra, ya que en ese mismo año fueron dos las composiciones musicales producidas con el auxilio de la computadora. Para unos, cuya opinión comparto después de contrastar numerosas publicaciones, la preeminencia cronológica correspondería a la famosa *Suite Illiac para cuarteto de cuerdas*, compuesta por Lejaren A. Hiller en colaboración con Leonard M. Isaacson, y para la que usaron la computadora digital ILLIAC, de la Universidad de Illinois, en los Estados Unidos. Los experimentos con esta computadora de alta velocidad los iniciaron ambos en 1955. Para otros, esa primera pieza musical sería *Push Button Bertha*, una melodía programada con un ordenador DATA-TRON por M. Klein y D. Bolitho, también en los Estados Unidos.

⁶ Los ordenadores analógicos trabajan con magnitudes que varían de manera continua. En ellos, el sistema de los datos y de los resultados a calcular se sustituye por un sistema físico cuyas magnitudes tengan una relación análoga a los del sistema original. Los ordenadores digitales, en cambio, manipulan información codificada en sistemas binarios. Véanse, *Computer graphics, computer art*, op. cit., págs. 1-2, y SÁNCHEZ RON, J. M.: *Diccionario de la ciencia*. Barcelona, Planeta, 1996, pág. 243.

⁷ El *plotter* es un dispositivo de salida unido al ordenador que sirve para trazar gráficos. También se le conoce como trazador de curvas. Fue inventado en 1959 y, en realidad, no traza líneas curvas, sino diminutas líneas rectas en zigzag. Este escalonamiento y trazado en ángulo recto, a no ser que el gráfico esté ampliado, es muy difícil de apreciar por la visión humana. «En el trazador de curvas —dice Florentino Briones— no hay saltos de punto a punto, pero sí de inclinación en los trazos. Puede haber, por ejemplo, 16 direcciones privilegiadas, y cualquier curva se dibuja descomponiéndola en pequeños trazos (de una décima de milímetro, por ejemplo) con una de esas inclinaciones. Esto es lo que tiene la culpa de ese típico *temblor* de los dibujos realizados con trazador de curvas (no apreciable si la curva se ha reducido)». BRIONES, F.: «Arte e informática», en *Análisis e investigaciones culturales*, n°6, Madrid, Ministerio de Cultura, 1981, pág. 16. Herbert W. Franke, por su parte, también se ha referido a las ventajas e inconvenientes del *plotter* en comparación con las pantallas fluorescentes de un oscilógrafo y las pantallas de imagen electrónica de un ordenador: «Aparatos mecánicos de dibujo, conocidos bajo el nombre de *plotters*, trazadores, trabajan con cierta lentitud y propenden a averiarse. Padecen, asimismo, la desventaja de producir exclusivamente líneas, por lo que superficies oscuras deben de ser representadas por una multitud de líneas gruesas muy próximas las unas a las otras. No pueden reproducir franjas matizadas en gris o en color y limitan, por tanto, considerablemente las posibilidades gráficas. En cambio, tienen la ventaja de fijar el dibujo sobre un papel grueso o cartón, es decir, de suministrar directamente un objeto de arte en el sentido habitual. Debido a los costos elevados de este procedimiento, se dibujan en la mayoría de los casos sólo algunos prototipos con el *plotter*, para servirse a continuación

zar los gráficos. Los resultados son la expresión gráfica de una ecuación diferencial que cambia a través de las variaciones de los parámetros asignados o a través de un mecanismo de apagado-encendido de perturbación estadística⁸. Estos dibujos (Fig. 3.1), de una extraordinaria simplicidad y belleza, constituyen el tema del libro de Alsleben titulado *Ästhetische Redundanz*, que se publicó en 1962⁹.

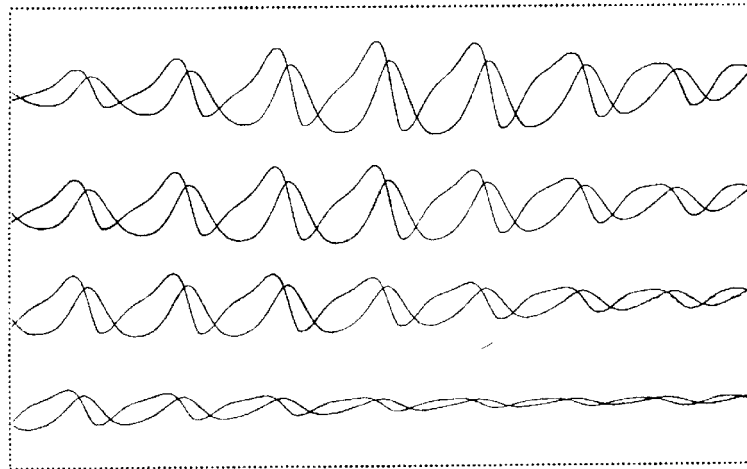


Fig. 3.1. Kurd Alsleben y Cord Passow. *Computergrafik* 4 (1960).

En 1960, William A. Fetter, director de la división gráfica por ordenador de la Boeing Company (Renton, Washington), fue el primero en usar el término *computer graphic* para referirse a una serie de dibujos que representaban figuras humanas y que había realizado a partir de un programa elaborado por él mismo, con el propósito de resolver ciertos problemas ergonómicos para el diseño de una cabina de avión¹⁰ (Fig. 3.2, pág. 33).

A partir de los trabajos anteriormente señalados, el *computer graphic* va a conocer un extraordinario desarrollo. Aunque producidos sin una expresa intencionalidad estética, propiciarían el encuentro entre la comunidad científica y la comunidad artística en el campo del ordenador¹¹. El primer paso en esta dirección lo da la revista *Computers and Automation* al convocar, en 1963, un concurso anual en el que el premio sería asignado atendiendo al valor estético de los gráficos presentados por los participantes. Manuel Barbadillo ha

de un método de reproducción, como, por ejemplo, la estampación a la lionesa (estampación por tamiz de seda)». FRANKE, H. W.: «El arte y el computador», en *Impulsos: arte y ordenador*, op. cit., pág. 18.

⁸ Véase el catálogo de la exposición *Art et ordinateur*, Burdeos, 1973.

⁹ Véase, REICHARDT, J.: *The computer in art*. Londres, Studio Vista, 1971, pág. 70.

¹⁰ FRANKE, H. W.; JÄGER, G.: *Apparative Kunst. Vom Kaleidoskop zum Computer*. Colonia, Verlag M. DuMont Schauberg, 1973, pág. 106.

¹¹ Véase, *Del gráfico de ordenador al arte de ordenador*, op. cit., pág. 434.

subrayado que, con independencia del carácter subjetivo de los juicios estéticos de los responsables en otorgar los premios, el elemento positivo de la convocatoria era su declaración de intenciones¹². Entre 1963 y 1966, los ganadores del premio fueron:

1963: los Laboratorios de Investigación Balística de Misiles de Aberdeen, Maryland, en los Estados Unidos, con *Splatter Pattern* (Fig. 3.3, pág. 34);
1964: los mismos Laboratorios, con *Trajectories of a Ricocheting Projectile*;
1965: A. Michael Noll, con *Computer Composition with Lines*;
1966: Frieder Nake, con *Composition with Squares*.

El conocimiento del gráfico de ordenador se generaliza en 1965. Es en este año cuando tres matemáticos comienzan al mismo tiempo a trabajar sistemáticamente en el desarrollo de la estética de los gráficos de ordenador, usando computadoras digitales. Se trata de los alemanes Frieder Nake y Georg Nees y del estadounidense A. Michael Noll. Georg Nees fue el primero en exponer sus gráficos, en enero de 1965, en la Studio Gallery de la Technische Hochschule (ahora Universidad) de Stuttgart.

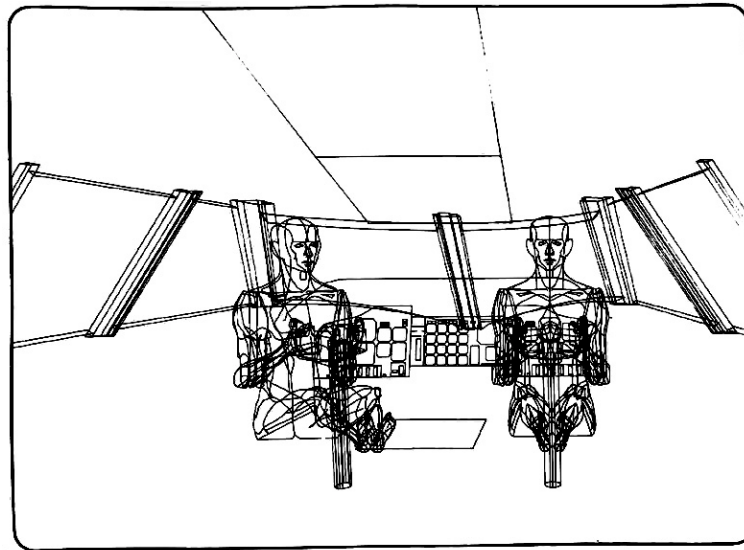


Fig. 3.2. Dibujo computerizado, por W. A. Fetter (1960). El objetivo era diseñar una cabina de aeroplano que le proporcionase al piloto la máxima libertad de movimiento.

En ese mismo año, Nees y Nake expusieron juntos en la galería Niedlichs, también en Stuttgart. En 1966, P. Hartwig mostró por primera vez sus gráficos digitales. En noviembre del mismo año tuvo lugar una exhibición conjunta de Kurd Alsleben, Frieder Nake y Georg Nees en la *Galería d*, en Frankfurt del Main.

¹² Ibídem.

Georg Nees, nacido en Nuremberg en 1925, inició en 1965 su tesis de doctorado sobre gráficos de ordenador en la Universidad de Stuttgart, junto al profesor Max Bense. Su primer gráfico digital lo había producido a principios de 1964, muy poco después e independientemente de F. Nake. En 1969 se publicó en alemán su libro más importante, *Generative Computergrafik*, uno de los textos fundamentales de la tendencia a nivel mundial. En 1972, cuando se celebró la exposición *Impulsos: arte y ordenador* en el Instituto Alemán de Madrid, Nees era director del Centro de Cálculo de la Compañía Siemens, en Erlangen, Alemania¹³.

Una de las notas más distintivas de su trabajo es la inclusión de la ca-

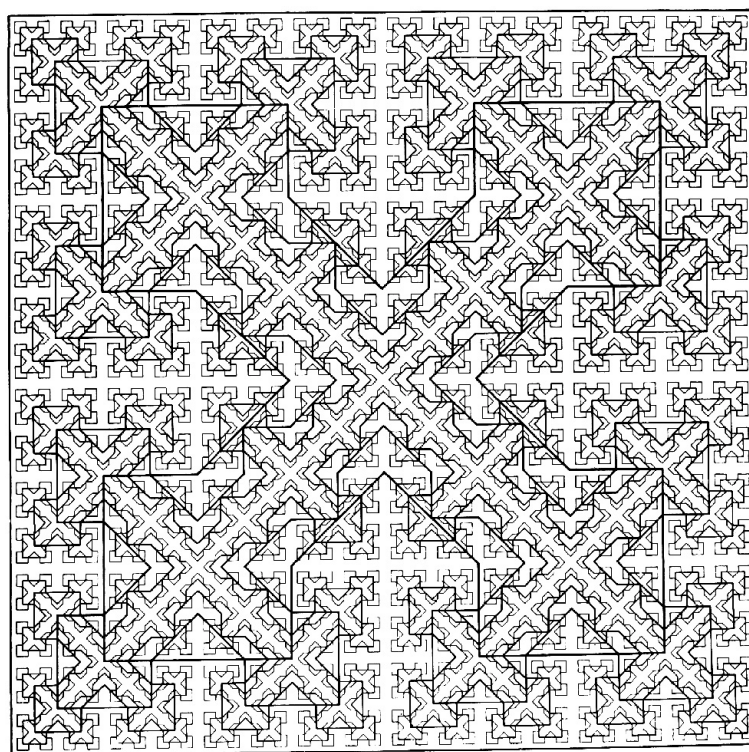


Fig. 3.3. *Vidrieras*, de autor anónimo. Uno de los primeros gráficos de ordenador digitales, realizado como un ejercicio estético. Se generó, con un *plotter*, sobre el principio de la «curva del copo de nieve». Este trabajo fue presentado, en 1963, por los Laboratorios de Investigación Balística de Misiles de Aberdeen, Maryland, en los Estados Unidos, al primer concurso de *computer art* de la revista *Computers and Automation*, y ganó el segundo premio.

sualidad en los programas de estructuras estéticas. Cada gráfico tiene parámetros aleatorios. El programa para cada gráfico repite operaciones fundamentales generadas de tal modo que la mera repetición, la redundancia estética, origine aleatoriamente los valores paramétricos de la improbabilidad estética del

¹³ «El arte y el computador», en *Impulsos: arte y ordenador*, op. cit., pág. 33.

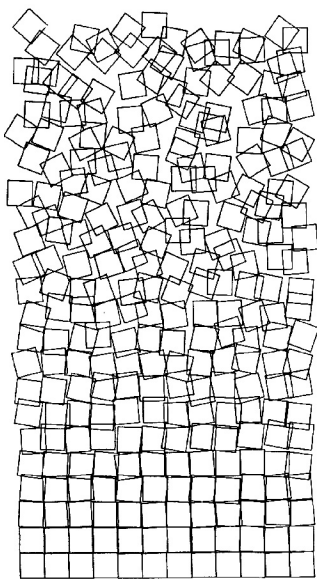


Fig. 3.4. *Gravel Stones*, de G. Nees. Un generador de casualidad (de señales aleatorias) causa el creciente balanceo de los cuadrados.

gráfico durante cada repetición¹⁴ (Fig. 3.4). Ernesto García Camarero ha resumido de este modo la actividad de Georg Nees:

Su obra consiste esencialmente en elegir al azar unos puntos en un rectángulo y luego unirlos mediante segmentos (así se construyeron, por ejemplo, *Ocho esquinas* y *Veintitrés esquinas*); o bien que la pluma del *plotter* se desplace al azar en dirección vertical u horizontal, tomando igualmente al azar los segmentos de longitud (un ejemplo lo tenemos en *Axis-Paralle maze*), o igualmente haciendo

que los desplazamientos aleatorios se ajusten dentro de determinadas bandas (así su *Random writing*)¹⁵.

Nees, por otra parte, ha sido de los más aventajados en crear relieves escultóricos con ayuda de la computadora. Una de sus obras más conocidas en este terreno nos sugiere el paso del relieve a la escultura de bulto redondo: está compuesta de bloques cuadrados individuales que se alinean en un plano, pero son de alturas diferentes y de esta manera consiguen una extensión tridimensional¹⁶.

El otro gran representante de los comienzos del *computer graphic* en Alemania, Frieder Nake, nació en Stuttgart en 1938. Entre 1958 y 1964, realizó estudios de matemáticas en la Technische Hochschule de su ciudad natal. Sus preocupaciones científicas y humanísticas le llevaron posteriormente a estudiar física, electrónica, filosofía, literatura y teoría política. Durante 1959, permanece dos meses en la división alemana de IBM desempeñando tareas de programación. Después de un periodo, durante la primera mitad de los sesenta, como asistente científico en el Instituto de Matemáticas y en el Centro de Cálculo de la Universidad de Stuttgart, Nake expone sus primeros gráficos

¹⁴ Véase, NEES, G.: «Programming stochastic computer graphics», en REICHARDT, J.: *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*. Nueva York, Frederick A. Praeger, Inc., Publishers, 1969, pág. 79.

¹⁵ GARCÍA CAMARERO, E.: «¿Puede un ordenador producir una obra de arte?», en *Informática IBM*, n° cero, Madrid, 1972, pág. 5.

¹⁶ Véase, *Computer graphics, computer art*, op. cit., págs. 62-63.

digitales en 1965¹⁷. Según él mismo ha revelado, su primer gráfico con ordenador lo hizo en diciembre de 1963 en la Technische Hochschule de la Politécnica de Stuttgart. Al igual que Nees, elabora él mismo los programas que usa para realizar los gráficos y ha investigado acerca del factor intuitivo, incluyendo también señales y cantidades aleatorias, elegidas al azar, en sus programas. Además de interesarse por la simulación de obras de artistas de la vanguardia (Fig. 3.5, pág. 37), Nake también ha prestado atención a las estructuras arquitectónicas¹⁸. En el catálogo de la exposición madrileña *Generación automática de formas plásticas*, a la que fue invitado, se recogían estas controvertidas aunque clarividentes palabras suyas:

Las aplicaciones estéticas del *computer graphics* no deberían ser vistas como otro rebaño de gente tratando de producir algunos cuadros más (¡como si no hubiera bastantes!), sino como un paso superior del arte; no revivir, desarrollar o extender el arte, sino radicalmente transformar el arte en una disciplina completamente nueva: ¡éste es nuestro cometido! Si todos nosotros no hacemos otra cosa que poner pinturas sobre las paredes para que las galerías las vendan o para enterrarlas en los museos, entonces sería mejor que abandonáramos ese tipo de trabajo. Nosotros podríamos, y yo creo deberíamos, mirar nuestros esfuerzos como una parte del movimiento para liberar al hombre de sus innecesarias cadenas. En el futuro, las aplicaciones del ordenador en esta área serán dinámicas y no estáticas. Las películas con ordenador serán usadas para difundir información y para mejorar nuestra comprensión de los fenómenos y procesos físicos y sociales. Así, la producción de las pinturas realizadas con ordenador no es otra cosa que un tenue paso hacia una situación donde «olvidemos hablar de arte».

La primera exposición de gráficos digitales en los Estados Unidos se celebró en abril de 1965, sólo unas semanas después de la muestra conjunta de Nees y Nake, en la galería Howard Wise de Nueva York. Bajo el título de *World Exhibition of Computer Graphics*, en ella expusieron sus trabajos A. Michael Noll y Bela Julesz. Las siguientes exposiciones de importancia en Estados Unidos fueron: entre abril y mayo de 1965, en la Forsythe Gallery (Ann Arbor, Michigan), una colectiva con obras de W. Gale Biggs, Fred V. Brock y Paul R. Harrison; entre noviembre y diciembre de 1965, con ocasión de un encuentro sobre máquinas computadoras, expusieron en Las Vegas (Nevada) Maughan S. Mason, Bela Julesz y A. Michael Noll; entre abril y mayo de 1966, en el Salt Lake Center (Salt Lake City, Utah), hubo una individual de Maughan S. Mason; por último, entre noviembre y diciembre de 1966, en el Dartmouth College de Hanover (New Hampshire), de nuevo otra individual de Maughan. S. Mason.

¹⁷ «El arte y el computador», en *Impulsos: arte y ordenador*, op. cit., pág. 32.

¹⁸ Véase, NAKE, F.: «Notes on the programming of computer graphics», en REICHARDT, J.: *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*, op. cit., págs. 77-78. Véanse también, *The computer in art*, op. cit., págs. 66-67, y *Computer graphics, computer art*, op. cit., págs. 43 y 159.

A propósito de estas nuevas incorporaciones, Manuel Barbadillo ha señalado que «a pesar de tratarse de personas con una formación técnica o científica, tanto las obras como las manifestaciones teóricas de algunos de estos autores muestran interés por el arte y por las aplicaciones artísticas del ordenador, con predicciones a este respecto que en gran parte se verían después confirmadas, especialmente en el caso de Noll»¹⁹.

A. Michael Noll (Fig. 3.6, pág. 38, y Fig. 3.18, pág. 65), que ganó en 1965 el

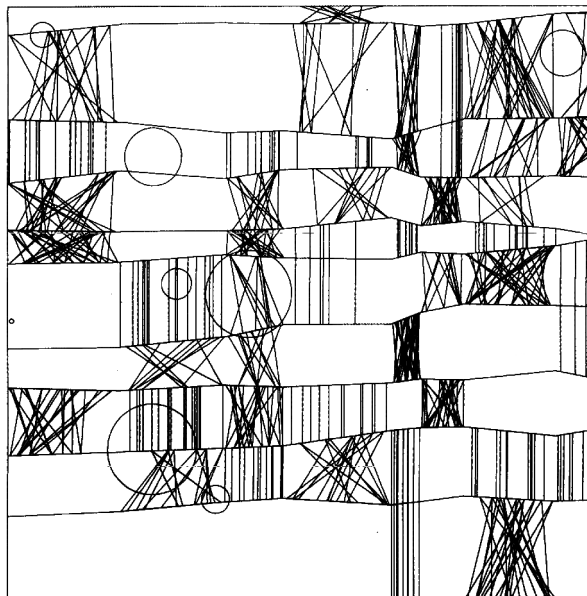


Fig. 3.5. *Klee*, por Frieder Nake. El punto de arranque era un cuadro de Paul Klee. Se procedió a investigar en base a las regularidades estilísticas, que se combinaron entonces en un programa. En esta y en otras obras, Nake intentó determinar en programas de ordenador las leyes estilísticas de pintores como Klee y Hans Hartung, creando así una serie de simulaciones de ambos artistas.

premio concedido por la revista *Computers and Automation*, era un investigador de los Bell Telephone Laboratories²⁰. Según él mismo manifestara, su incursión en el *computer graphic* fue casual, cuando un error provocó la generación por el *plotter* de un diseño inesperado²¹. Los gráficos de Noll —que con el tiempo serían desarrollados por parejas estereoscópicas—, sus películas, incluso una coreografía animada con figuras de palo, y sus estudios de la

¹⁹ *Del gráfico de ordenador al arte de ordenador*, op. cit., pág. 435.

²⁰ En los años en los que el *computer graphic* da sus primeros pasos, los Laboratorios Bell eran uno de los mayores centros mundiales para el estudio técnico de las comunicaciones. Fueron creados por una de las más grandes corporaciones norteamericanas, la American Telegraph and Telephone Company. Se llaman así en honor de Alexander Graham Bell (Edimburgo, Escocia, 1847 - Halifax, Canadá, 1922), inventor del teléfono. Hacia 1975 empleaban alrededor de 16.000 personas, de las que unos 4.000 eran doctores en ciencias. Su contribución al desarrollo de las comunicaciones no tiene parangón mundial. Véase, *La comunicación y los mass media*, op. cit., págs. 37-38.

²¹ Véase, *The computer in art*, op. cit., pág. 23.

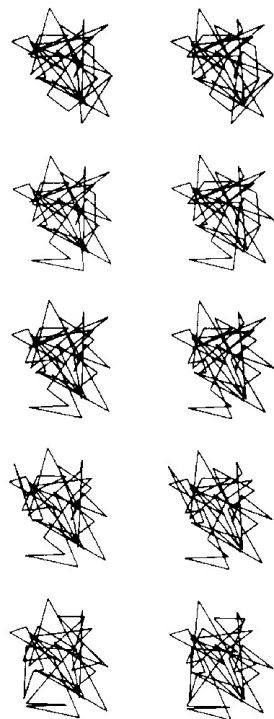


Fig. 3.6. Michael Noll. *Escultura cinética*.

obra de Mondrian, fueron ideados por él sólo como experimentos exploratorios. Podría pensarse que esos gráficos interesarían a los artistas respecto a las nuevas capacidades de la computadora, pero Noll no expresó ningún deseo serio en hacer uso de la computadora con fines estéticos. También ha señalado que la computadora podría ser acostumbrada a producir la clase de arte que, como el *op-art*, tiene un componente matemático, o que, como el arte basado en permutaciones y combinaciones o las obras seriadas, depende de la creación de versiones basadas en parámetros fijos²².

Asimismo, A. Michael Noll es una de las pocas personas involucradas en el *computer art* desde el campo tecnológico que siempre ha exigido que los papeles del artista y del ingeniero no sean intercambiables, ya que, más allá de

hacer su técnica disponible y accesible, el ingeniero no tiene generalmente ningún papel en ese área de actividad creadora llamada arte. Pionero, a pesar suyo, en el campo de la computadora como generadora de arte, Noll ha sido uno de los exponentes más coherentes en esta materia. Él mismo nos ha proporcionado un buen ejemplo de la manera en que, en el *computer art*, pueden combinarse orden y aleatoriedad:

La computadora fue programada para generar su versión de la escultura *Orfeo y Apolo* del escultor Richard Lippold, ubicada en el vestíbulo de la Filarmónica de Nueva York. La obra consiste en placas delgadas y largas de latón que se han colgado del techo por finos alambres. A efectos prácticos, las placas pueden ser representadas solamente mediante líneas rectas. Cuando Lippold comprobó que su obra podía visualizarse de esta manera, consideró factible describir la escultura en términos de imaginarias líneas en dirección aproximada a las barras que se habían colocado. El interés aquí de la computadora era especificar la dirección de cada una de las líneas, junto a las coordenadas de sus puntos extremos, con lo que la computadora distribuía al azar las líneas según su dirección, así como la

²² Ibídem, pág. 25.

posición casual de los ángulos en el espacio. El resultado es un total de seis líneas con direcciones semejantes a las empleadas.

El programa de esta proyección tridimensional tiene la flexibilidad de especificar cualquier posición visualizable. De esta manera, es posible obtener vistas de una escultura según las posiciones especificadas por la computadora, sin la necesidad de construir la escultura realmente. Tal facilidad debe considerarse valiosa si se utiliza para visualizar esculturas complicadas antes de proceder al gasto de su construcción final²³.

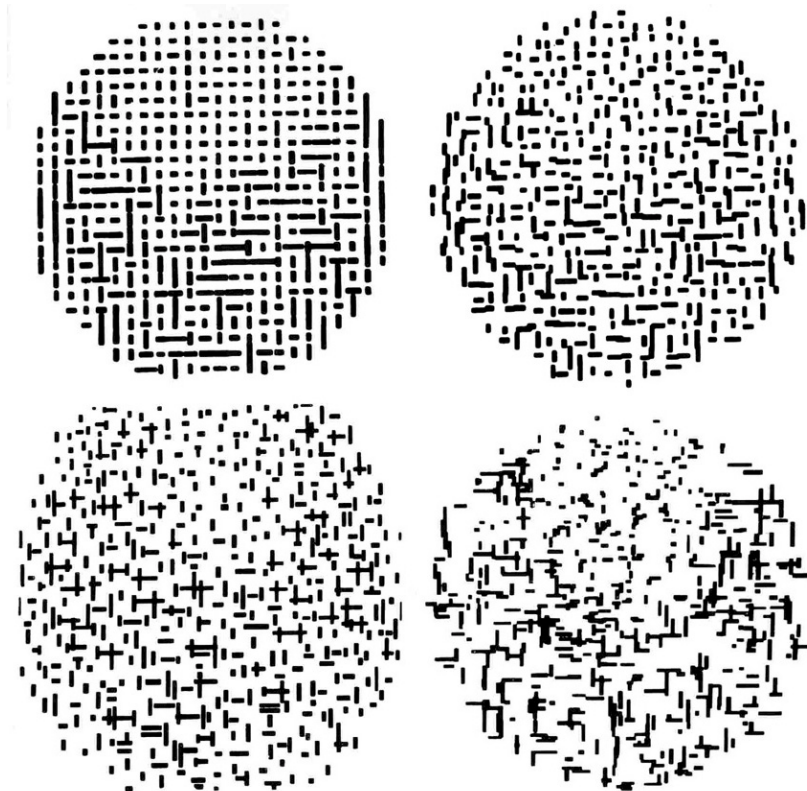


Fig. 3.7. *Composiciones con líneas por ordenador*, de A. Michael Noll, y *Composiciones con líneas*, de Piet Mondrian. Noll usó generadores de casualidad para producir divisiones lineales acordes con la estructura del cuadro de Mondrian. Subjetivamente, el «mejor» cuadro se encontró a través de tests; es el de abajo a la derecha. El cuadro de Mondrian es el inferior izquierda.

En uno de sus experimentos más divulgados (Fig. 3.7), Noll dio una serie de instrucciones a la computadora con el fin de que se inspirase en la célebre *Composición con líneas* de Piet Mondrian, de 1917; para ello, le proporcionó a la máquina los siguientes datos: naturaleza de los elementos del repertorio material (baldosines o barras negras más o menos alargadas), inserción de los elementos en una figura global (círculo) y densidad media en cada punto del cuadro. De este modo obtuvo una figura que, junto al original de Mondrian, mostró a un cierto número de sujetos, preguntándoles, sin indicación

²³ Citado en *ibidem*, págs. 25-27.

alguna de qué obra era de uno u otro, cuál de ambas preferían. Los entrevistados prefirieron, en una proporción significativa (55% contra 45%), la obra generada por el ordenador. El paradójico resultado se debe, según Abraham Moles, a la propia dinámica socio-cultural, ya que la concepción de Mondrian, presente en nuestra vida cotidiana desde hace bastantes años, se ha banalizado y se ha habituado al ojo del espectador que, sin embargo, encuentra una frescura e inmediatez suplementaria en la nueva versión que se le ha propuesto²⁴.

Las actividades en el campo del *computer graphic* por parte de los Laboratorios Bell, también incluyen los experimentos de Bela Julesz con la textura y la percepción visual, en los que empleó las técnicas usadas en la generación aleatoria de modelos. Modelos con puntos establecidos al azar generados por computadora han mostrado que no se necesita el reconocimiento de formas familiares para la discriminación de diferentes texturas, o incluso para la percepción binocular en profundidad. Julesz usó campos aleatorios de puntos coloreados, descubriendo que la distinción entre diferentes texturas depende mucho del modo como se emparejen los componentes cromáticos: rojo y amarillo, por ejemplo, establecen un grado más alto de discriminación que azul y amarillo o que azul y verde. El objetivo era determinar aquellas propiedades del modelo que hacen imposible la distinción inmediata entre dos imágenes adyacentes. El caso es que consiguió encontrar las propiedades estadísticas de los modelos que permiten la discriminación espontánea. Ello es independiente de la distribución de los brillos en las figuras, pero cuenta con el aislamiento de grupos más oscuros que podría decirse que forman ciertos modelos. Utilizando parejas de dibujos en forma estereoscópica, Julesz descubrió que se pueden percibir objetos camuflados con la visión binocular que, sin embargo, son invisibles en una representación bidimensional²⁵.

Otro de los primeros nombres en el campo del *computer graphic* es Leslie Mezei (Fig. 3.8, pág. 42), un matemático y humanista del Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Toronto. Mezei colaboró con algunos de los autores norteamericanos ya mencionados y escribió su primer artículo sobre el tema que nos ocupa en 1964, convirtiéndose así en uno de los más adelantados propagadores de la tendencia. Él le dio a F. Nake la oportunidad de trabajar en Toronto, estimulando de este modo los contactos bilaterales entre creadores europeos y americanos. En 1967 comenzó a hacer gráficos de ordenador caracterizados por una intervención controlada del azar

²⁴ Véase, MOLES, A.: *Art et ordinateur*. París, Casterman, 1971, pág. 83. Los datos de la encuesta varían en algunas de las publicaciones donde se da cuenta de esta experiencia llevada a cabo por A. Michael Noll. Éste mismo, sin embargo, ha escrito que sólo el 28% de los consultados identificó correctamente la obra generada por la máquina, mientras que el 59% la prefería al original de Mondrian. Véase, NOLL, A. M.: «A subjective comparison of Piet Mondrian's 'Composition with lines' 1917», en *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*, op. cit., pág. 74.

²⁵ *The computer in art*, op. cit., págs. 32-34. Véase también, ARNHEIM, R.: *Arte y percepción visual. Psicología del ojo creador*. Madrid, Alianza, 1984, pág. 260.

en la transformación de formas. En junio de 1970 fue invitado por el CCUM para participar en la muestra *Generación automática de formas plásticas*, donde expuso su obra *Girl*, compuesta de las diferentes transformaciones de un rostro de muchacha a partir de un versátil lenguaje de programación para la manipulación de dibujos y formas llamado Sparta, ideado por él mismo, y en el que «la estructura de los datos es dada en los niveles de *punto*, *curva*, *figura* y *cuadro*; estos datos pueden representarse con el auxilio de un *plotter*, y para poderlos manipular con comodidad el sistema Sparta dispone de rutinas con las que se puede modificar la escala y elegir el tipo de línea con el que realizar un dibujo (continua —de cualquier grosor y de grosor variable—, punteada, con guiones, en diente de sierra, ondulante, etc.). Además, pueden cambiarse de posición las figuras con gran facilidad, así como de tamaño y someterlas a determinadas transformaciones matemáticas y a modificaciones aleatorias»²⁶. El programa fue desarrollado para una IBM 7094, usando como salida gráfica un *plotter* Calcomp 565 (off line). En 1975, declaraba Mezei:

Mi propio trabajo, realizado todo él hace unos años, intentó hacer posible un nuevo principio en la exploración controlada del azar, a través de diversas distorsiones y transformaciones. Éstas, sin embargo, no eran lo suficientemente sistemáticas para poder ser consideradas científicas, pero el caso es que tampoco pretendí explotar al máximo el medio con el propósito de hacer una obra estética de calidad. Lo que sí intenté fue orientar e indicar nuevas posibilidades²⁷.

En 1967, siete ingenieros japoneses —Haruki Tsuchiya, Masao Komura (Fig. 3.16, pág. 59), Kunio Yamanaka, Junichiro Kakizaki, Makoto Ohtake, Koji Fujino y Fujio Niwa— que trabajaban en el Centro de Datos Científicos de la compañía IBM en Tokio, crean el Computer Technique Group (CTG). A finales de ese año, el CTG organizó un importante Simposium sobre arte y computadoras en el Tama Fine Arts College de Tokio. Su obra más conocida fue la que titularon *Máquina de pintura automática nº 1*, situada entre la instalación, el artefacto y el *happening*, y en la que intervenían sistemas de control por ordenador. También han realizado gráficos de ordenador caracterizados por la conversión de unas formas figurativas en otras mediante sucesivas transformaciones²⁸.

²⁶ Catálogo de la exposición *Generación automática de formas plásticas*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, junio de 1970.

²⁷ LEAVITT, R.: *Artist and computer*. Nueva York, Harmony Books, 1976, pág. 26.

²⁸ Véanse, *The computer in art*, op. cit., págs. 81-87, y *Del gráfico de ordenador al arte de ordenador*, op. cit., pág. 435.

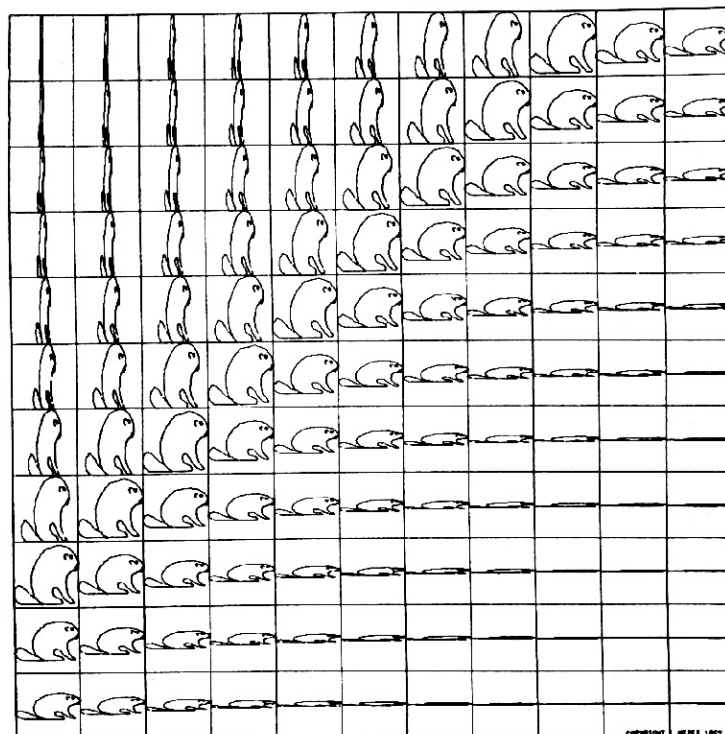


Fig. 3.8. *Beaver scaled*, de Leslie Mezei. Transformaciones sucesivas del dibujo de un castor. A la figura del animal se la hace crecer o encogerse simplemente reduciéndola y agrandándola en las dos direcciones de la coordenada. Este sería un caso ilustrativo de transformaciones sucesivas del contorno de un dibujo

La conocida pieza *Running Cola is Africa* (Fig. 3.9, pág. 43), ilustra perfectamente los complicados métodos de transformación de un gráfico, en el sentido de que se produce algo así como una suma de ellos. Fue precisamente Frieder Nake quien mostró cómo esto puede hacerse, en sus *Matrix Multiplications*. En principio, lo que Nake hizo con rejillas cuadradas puede repetirse con cualquier imagen: uno puede agregar o substraer imágenes a las que correspondería una imagen simple o una superposición positiva-negativa, según es costumbre en fotografía, pero uno también puede multiplicar aquéllas. Un ejemplo es el mencionado gráfico del Computer Technique Group, en el que una figura humana corriente se transforma en una botella de coca-cola y ésta a su vez en el contorno del continente africano, representándose, asimismo, las fases intermedias. Franke advierte que procesos como estos requieren medios técnicos muy caros y complejos; de ahí que los ejemplos existentes [hasta mediados los ochenta] sean relativamente simples, pero no hay duda de que este es un campo prácticamente intacto, excitante para la experimentación gráfica²⁹.

²⁹ Véase, *Computer graphics, computer art*, op. cit., pág. 55.

Además de la comentada, otras obras muy difundidas del CTG son *Shot Kennedy No. 1* (1969), *Retorno al cuadrado (a)* y *Retorno al cuadrado (b)*. En *Shot Kennedy No. 1*, realizado según una idea y un programa de Fujio Niwa, los datos de la fotografía del Presidente se convierten en líneas rectas que convergen en un punto concreto de la oreja. Este mismo programa en el que se ejecutan distorsiones, cabe aplicarlo a cualquier modelo. En *Retorno al cuadrado (a)*, según una idea de Masao Komura y un programa de Kunio Yamanaka, asistimos a una metamorfosis computerizada. Un cuadrado se transforma en un perfil de mujer, que a su vez se transforma en un cuadrado mayor en el que aparece inscrito. *Retorno al cuadrado (b)*, por su parte, es el segundo de sendos trabajos sobre el mismo tema. Mientras que el anterior se había programado en base a determinadas series aritméticas, ahora el mismo programa se efectúa conforme a progresiones geométricas³⁰.

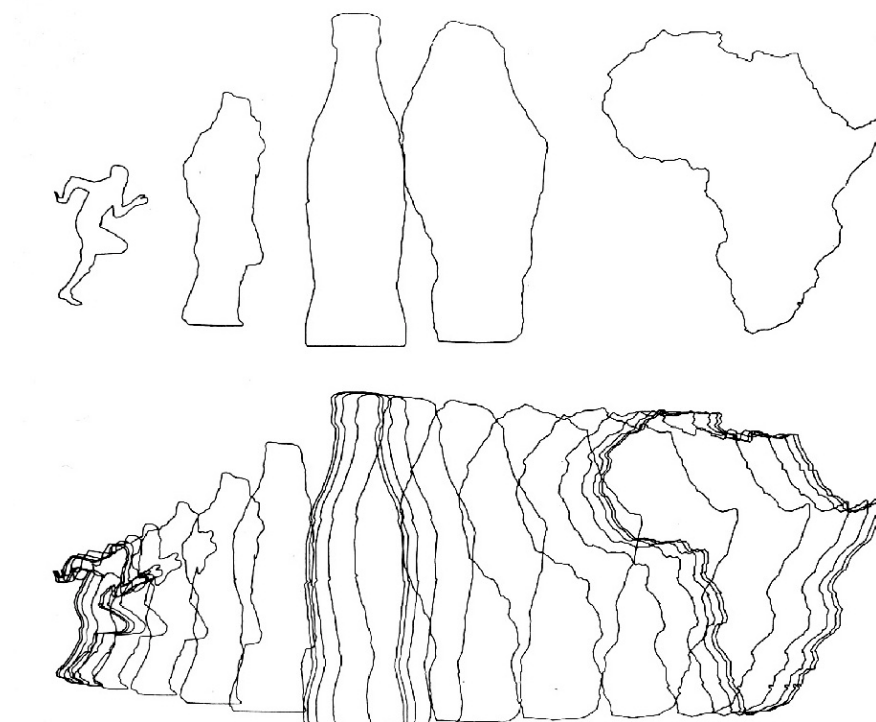


Fig. 3.9. *Running Cola is Africa*, del CTG. Un algoritmo de la computadora convierte la figura de un hombre cualquiera en una botella de coca-cola, que a su vez se convierte en el mapa de África.

El Computer Technique Group también mostró ciertas preocupaciones de carácter teórico. En el barrio de Ginza, en Tokio, donde tenían su estudio, le confesaron a Jorge Glusberg:

³⁰ Véase, *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*, op. cit., págs. 75-76.

El arte de las computadoras dice algo sobre el tiempo, el espacio, la existencia. Un objeto es transformado vía cinta magnética en un conjunto de unidades de información, transferidas a través de dos simples afirmaciones: 1 o 0³¹.

Las actividades del CTG fueron muy efímeras. Se disolvió desgraciadamente tan sólo a los dos años de haberse constituido³².

El último de los principales exponentes de esta primera etapa del *computer graphic* a considerar es Kenneth C. Knowlton, otro destacado investigador de los Laboratorios Bell. En 1966, junto a Leon D. Harmon, hizo una serie de obras con ayuda del ordenador denominadas *Studies in Perception*. Cada una de las imágenes, caracterizadas por el «uso de manchas en vez de líneas», y que representaban gárgolas, teléfonos, desnudos femeninos y dos gaviotas volando, estaba basada en fotografías convencionales que «son recorridas por puntos como en televisión y la magnitud de brillo de cada punto digitalizada y almacenada» y, posteriormente, trasladadas resaltando diferentes valores tonales mediante la combinación de un complicado lenguaje de caracteres alfanuméricos y símbolos que incluían numerosos elementos procedentes del mundo de las comunicaciones. Según el propio Knowlton, las razones para sus experiencias son bien conocidas: desarrollar nuevos lenguajes de la computadora que puedan manipular datos gráficos fácilmente, así como examinar algunos aspectos y modelos de la percepción humana³³.

En 1968, del 2 de agosto al 20 de octubre, tuvo lugar en Londres la ya legendaria exposición *Cybernetic Serendipity*, organizada por Jasia Reichardt a partir de una idea del profesor Max Bense. La completísima muestra no sólo recopilaba de modo exhaustivo los gráficos de ordenador que se habían hecho hasta entonces, sino que recogía muchas otras contribuciones en los campos más variados donde había intervenido la computadora: la música, proyectos de estructuras de edificios, la arquitectura, la danza, la literatura, el cine, etc. Además de ser el broche final de toda la primera etapa, la muestra de Londres supuso la consagración de la tendencia a nivel internacional.

³¹ Citado por Jorge Glusberg en el texto de presentación que escribió para el catálogo de la exposición *Arte y cibernética*, celebrada en el Centro de Arte y Comunicación (CAYC) de Buenos Aires en abril de 1971.

³² Véase el catálogo de la exposición *Art et ordinateur*, Burdeos, 1973.

³³ Véanse, GOODMAN, C.: *Digital Visions. Computers and art*. Nueva York, Harry N. Abrams, Inc., Publishers, 1987, pág. 34; *The computer in art*, op. cit., págs. 20-24; ¿Puede un ordenador producir una obra de arte?, op. cit., pág. 6. La descripción del alfabeto de símbolos empleado aparece en HARMON, L. D.; KNOWLTON, K. C.: «Computer - generated pictures», en *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*, op. cit., págs. 86-87.

El comienzo de la segunda etapa en la historia del *computer graphic*, entre 1967 y 1968, lo determinan dos hechos. De un lado, la llegada de artistas plásticos al mundo de los ordenadores, algo que ocurrió por vez primera cuando, en 1967, se inició en el uso de la computadora el estadounidense Charles Csuri (Fig. 3.10; Fig. 3.15, pág. 58), que fue el primer pintor en ganar el concurso de la revista *Computers and Automation*, con una obra que representaba su propio retrato tratado mediante un programa de ordenador. Manuel Barbadillo ha resumido muy bien la importancia de Csuri en la historia del *computer graphic*:

Aunque el premio de la revista *Computers and Automation*, en su convocatoria de 1967, le fue adjudicado a Csuri conjuntamente con el matemático James Schaffer, quien se encargó de la programación del gráfico galardonado, Csuri reúne en su persona las dos culturas, ya que además de su formación artística tradicional (en aquel tiempo era profesor en el Departamento de Arte de la Universidad del Estado de Ohio), ha estudiado también ingeniería y su interés por sintetizar ambas actividades le había llevado ya años antes a la creación de una máquina de pintar, si bien con-



Fig. 3.10. *Hummingbird*, por Ch. Csuri y James Shaffer (1968). Cuatro fases de esta película que ha recibido numerosos premios. Disolución en un caos circular de cada una de las partes individuales de un pájaro, que posteriormente se reúnen en la figura básica.

tinuó con los métodos artísticos tradicionales hasta su encuentro con el ordenador. La actividad inicial de Csuri con el ordenador fue de tipo pictórico y en la elaboración de sus dibujos intervenían tanto los trazos a mano alzada, con el lápiz o el lápiz óptico, como procesos matemáticos. Después evolucionaría hacia la animación, el medio cibernético y las representaciones tridimensionales de tipo escultórico, con programas tan complejos que, aunque él mismo es un buen programador, requieren la colaboración en un mismo programa de varios expertos programadores³⁴.

Otro artista pionero en el uso de la computadora, y que pone de relieve la incorporación de creadores plásticos al mundo del *computer graphic*, es el escultor norteamericano Robert Mallary (Fig. 3.11, pág. 47 y Fig. 3.20, pág. 73), quien en 1968 realiza sus primeros gráficos con ordenador. Mallary, nacido en To-

³⁴ *Del gráfico de ordenador al arte de ordenador*, op. cit., pág. 435-436. Acerca de Csuri, deben consultarse, EFLAND, A.: «An interview with Charles Csuri», en *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*, op. cit., págs. 81-84; *Artist and computer*, op. cit., págs. 85-87, y *The computer in art*, op. cit., págs. 34-46.

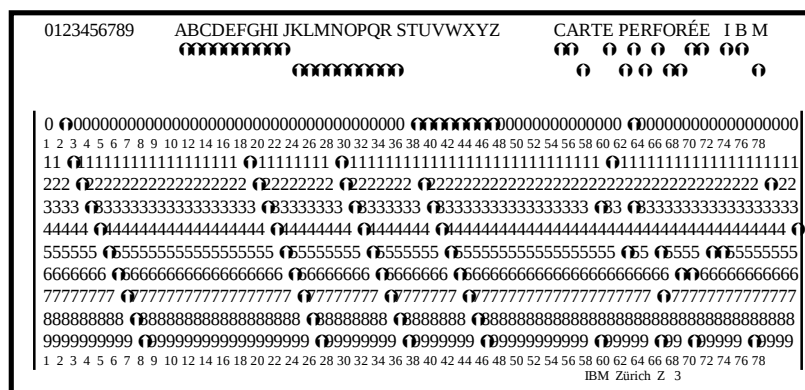
ledo, Ohio, en 1917 y profesor del Departamento de Arte de la Universidad de Massachusetts³⁵, desarrolló un determinado programa de *computer graphic* con el propósito de realizar escultura (Fig. 3.12, pág. 48). Consigue su objetivo haciendo ciertas transformaciones en una forma tridimensional dada y de cuyos datos se alimenta la computadora. El resultado final consiste en fracturar aquella forma sólida en una serie de secciones cruzadas paralelas o rodajas del contorno. La información de estas rodajas del contorno se transfiere posteriormente a la computadora mediante tarjetas perforadas³⁶. Las rodajas sufren así una serie de transformaciones matemáticas que reforman los contornos en un nuevo rango de formas cuyo resultado final es un contorno global de la forma completamente inédito. El *plotter* reproduce una serie de visiones perspectivas de la forma global resultante, así como un juego completo de las secciones transformadas del contorno y que Mallary denomina «plantillas de transformación de la computadora». Estas plantillas se utilizan como modelos

³⁵ Un buen resumen de la actividad inicial de Mallary en el campo del *computer graphic*, puede verse en FRANKE, H. W.: *Computergrafik-Galerie: Bilder nach Programm. Kunst mi elektronischen Zeitalter*. Colonia, DuMont Buchverlag, 1984, págs. 104-107.

³⁶ La ficha o tarjeta perforada es uno de los primeros sistemas industriales de manipulación de la información que rigió el desarrollo de los primeros ordenadores. Fue ideada por Hollerith hacia 1885 para acelerar el recuento del censo en los Estados Unidos y se trataba de un sistema tecnológicamente tan perfecto que ha durado un siglo sin apenas modificaciones. Abraham Moles la ha descrito así:

«La ficha perforada es una materialización primero de las cifras y luego de las letras (sistema alfanumérico), basada en la correspondencia entre un sistema binario de sí o no: presencia o ausencia de agujeros en una hoja de papel (que permite o impide la circulación de una corriente eléctrica exploradora) y un sistema decimal en el que la posición del agujero en la ficha representa una cifra.

La ficha perforada estándar, tal como ha sido confeccionada por Rand y la firma IBM, basándose en el modelo facilitado por Hollerith, lleva 80 columnas de 12 posiciones verticales dispuestas sobre una tarjeta de 84 por 188 milímetros. Las diez posiciones de la parte baja de las columnas significan respectivamente 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Una perforación en la tercera línea a partir de 0 significará la cifra 3. Las dos posiciones superiores sirven para lo que se denomina codificación alfabética. Si en la columna se perforan simultáneamente dos agujeros, quiere decirse que la columna corresponde a una letra, hallándose repartidas las letras del alfabeto en tres grupos: de la A a la I, de la J a la R y de la S a la Z. La figura adjunta presenta esta codificación alfabética. La ficha perforada permite, pues, expresar 80 cifras o letras por cada tarjeta». *La comunicación y los mass media*, op. cit., pág. 294.



Modelo de ficha perforada (según A. Moles).

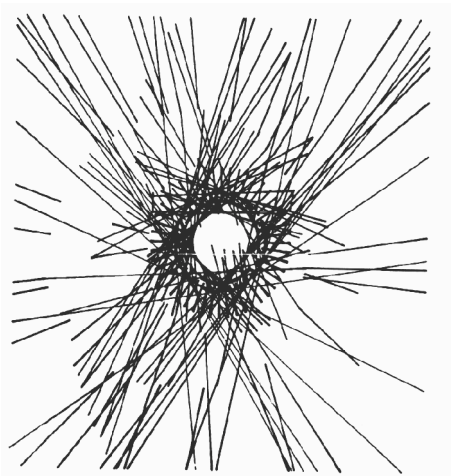


Fig. 3.11. *Solar*, de Robert Mallary.

para hacer la escultura en cuestión en algún material apropiado, por ejemplo en madera laminada o plástico. Hasta ahora las únicas esculturas producidas con este programa han estado basadas en un eje central³⁷.

Además de Csurí y de Mallary, podrían también citarse a E. Robert Ashworth, Auro Lecci, Petar Milojevic, Zoran Radovic y Roger P. Saunders, todos ellos invitados a participar en la exposición madrileña *Generación automática de formas*

plásticas en junio de 1970. Ashworth, miembro del Departamento de Diseño de la Southern Illinois University, se distinguió por realizar esculturas con ayuda del ordenador, mediante el programa Comscul IV. Construía sus obras con piezas modulares cuadradas y aplicando las siguientes leyes: a) ningún par de piezas puede estar conectado por más de dos aristas; b) todas las uniones modulares serán de 90°; c) todos los módulos deben ser idénticos; d) cuando se usen contrafuertes triangulares éstos deben bisecar dos módulos. El programa ordena al azar los módulos sobre una matriz lógica, ya que la selección casual permite, a juicio del artista, una aproximación a la intuición³⁸. Auro Lecci solía trabajar con un ordenador IBM 7090 y con un *plotter* Calcomp 563 que había instalados en el Centro Nazionale Universitario di Calcolo Electronico de Pisa, caracterizándose sus obras, como las expuestas en Madrid, realizadas con los programas Slant, Lattice y Sift, por una elegante belleza abstracto-geométrica. Petar Milojevic, del Centro de Cálculo de la Universidad Mc Gill, en Canadá, producía por la época de la muestra madrileña muchos estudios de dibujos basados en formas geométricas simples, deudores de la estética neoplasticista. Zoran Radovic, que era técnico electrónico, construyó hacia 1969 un aparato denominado por él «ornamentógrafo electrónico», consiguiendo realizar de este modo en la pantalla del oscilógrafo ornamentos móviles en perpetua transformación. Roger P. Saunders, por su parte, desarrolló hacia 1969-70, en colaboración con A. K. Tan, en el Brighton Polytechnic, el programa Art1, sobre una idea original de R. H. Williams, de la Universidad de Nuevo México. Los dibujos obtenidos, muy sencillos, eran figuras geométricas.

El otro hecho determinante de la aparición de la segunda fase en la historia del *computer graphic*, es la incorporación al movimiento de grupos

³⁷ Véase, *The computer in art*, op. cit., págs. 47-49.

³⁸ Véase el catálogo de la muestra *Generación automática de formas plásticas*, CCUM, junio 1970.

interdisciplinarios de artistas en diversos países. Uno de los primeros, si no el primero de esos grupos se formó en nuestro país en diciembre de 1968, cuando varios artistas plásticos españoles conocidos accedieron al uso de la computadora con la colaboración de matemáticos y programadores del recién inaugurado Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid (CCUM), donde el subdirector, Ernesto García Camarero, creó el Seminario de Generación Automática de Formas Plásticas, de carácter interdisciplinar y en el que participan matemáticos, arquitectos y personas de otras procedencias profesionales, además de pintores y escultores³⁹.

Una vez ya iniciada la experiencia madrileña, artistas de diversas nacionalidades se van sumando al movimiento del *computer art* a través de nuevos grupos interdisciplinarios que surgen en los años siguientes. Uno de ellos es el grupo Arte e Información, formado en 1969 en la Universidad de Vincennes (París), o también el grupo de Arte y Cibernética del Centro de Arte y Comunicación (CAYC), creado en Buenos Aires en 1971. Este último grupo

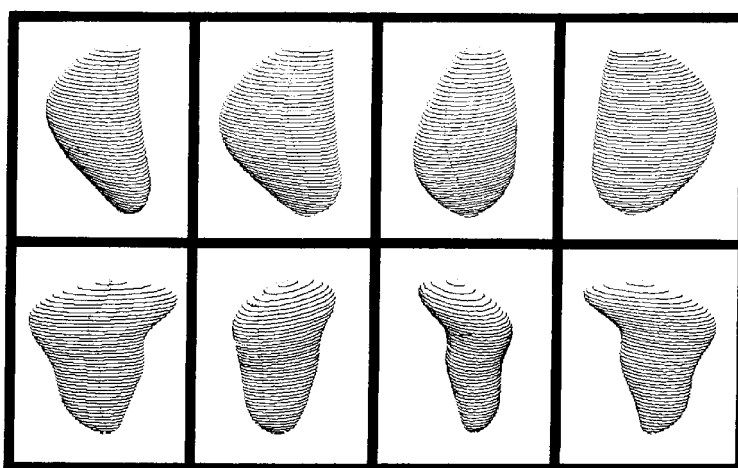


Fig. 3.12. Robert Mallary. *TRAN 2*.

Dibujos por computadora para una obra escultórica.

ponía el énfasis en los sistemas de comunicación, en el entorno social y en las inquietudes humanísticas del hombre del futuro. En definitiva:

Con Csurí, con los pintores y escultores que se incorporarían a la gráfica de ordenador en 1968 y con los grupos interdisciplinarios que surgirían en varios países a partir de ese año, se hace realidad el encuentro de los mundos técnico y artístico en el terreno del ordenador⁴⁰.

Desde 1968, se suceden las exhibiciones, encuentros internacionales, simposios y conferencias sobre *computer art* en todo el mundo. Hasta 1979-

³⁹ *Del gráfico de ordenador al arte de ordenador*, op. cit., pág. 436-437.

⁴⁰ *Ibidem*, pág. 436.

1980, en que comienza la tercera etapa en la historia del *computer graphic*, las actividades más relevantes son las siguientes:

- 1968: en verano, en Berlín, la exposición *On the Path to Computer Art*. Asimismo, la muestra *Mindextenders*, del Museum of Contemporary Crafts de Londres. A finales de año, el Museum of Contemporary Crafts de Nueva York organizó *An Assembly of New Tools of Design*, un conjunto de matrices de diseño realizadas con computadoras y láser.
- 1968-69: en otoño de 1968, el Museo de Arte Moderno de Zagreb organizó una pequeña muestra de *computer graphics*. Diversas actividades asociadas con esta exposición sirvieron para la preparación de un simposio internacional, *Computers and Visual Research*, y una más amplia exposición titulada *Tendencija 4*, que reunió en la ciudad croata, en la primavera de 1969, destacadas obras de arte óptico y gráficos generados por ordenador.
- 1969: en enero, la muestra *Some more Beginnings*, del Museo Brooklyn de Nueva York, un conjunto de 75 obras realizadas con computadora que organizó el grupo Experiments on Art and Technology (EAT), formado por artistas, ingenieros y científicos que llevan a cabo trabajos interdisciplinarios. *Event One*, Computer Arts Society, Londres. *Kunst und Computer*, Central Savings Bank, Viena. *Formas computables* (exposición), CCUM. En la ciudad alemana de Hannover, y organizada por Käthe Schröder, se celebró la exposición *Computerkunst - On the Eve of Tomorrow*, que posteriormente se trasladó a Munich y Hamburgo. En los años siguientes, esta muestra se trasladó a varios lugares —Oslo, Bruselas, Roma y Tokio—, bajo el patrocinio del Instituto Goethe.
- 1970: *Auf dem Wege zur Computerkunst*, Kiel; *Computer Plotter Art*, São Paulo; *Impulse Computerkunst*, Art Club, Munich; en marzo, en las ciudades holandesas de Amsterdam y Delft, el Werkgroep voor Computers organizó un simposio internacional. En abril, en la Brunel University, Uxbridge, Inglaterra, se celebró otro simposio bajo el epígrafe *Computer Graphics 70*. También en abril tuvo lugar en París, organizada por el Servicio de Desarrollo Científico de IBM Francia, una Jornada de Información sobre el tema *La creación por ordenador*, con la participación de Florentino Briones, Ernesto García Camarero y Mario Fernández Barberá en representación del CCUM. Inmediatamente después de esta Jornada, a partir del día 14 de abril, se celebró en Madrid un resonante Congreso de Automática. En mayo, *Glow-flow*, exhibición realizada en la principal galería de Madison, Wisconsin, Estados Unidos⁴¹. En junio-julio, *Generación automática de formas plásticas* (exposición), CCUM.

⁴¹ Jorge Glusberg ha descrito minuciosamente la exposición de Madison: «Como aporte al Festival de Bellas Artes Contemporáneas, se ofreció una exhibición ambiental llamada *Glow-flow*, originada en un proyecto de investigación de la National Design Foundation, interesada en la aplicación de las computadoras a las artes visuales. En este caso se controló el tiempo real con la computadora, y en el diseño de este *environment* o ambientación se dio especial atención a los elementos básicos de luz y sonido, a sus alcances de variación y a cómo las relaciones de casualidad y las preconcebidas podían ser combinadas bajo el control del observador. La exhibición ha sido realizada para revelar gradualmente, a tra-

- 1971: en enero, en Oaxtepec, México, tuvo lugar la *International Conference on Systems, Networks and Computers*, organizada por el IEEE y que contó con la participación de Ernesto García Camarero en representación del CCUM. En abril, *The computer assisted art* (exposición), Palacio Nacional de Congresos, Madrid. Asimismo, Waldemar Cordeiro organizó en São Paulo la muestra *Arteónica* y en Buenos Aires, también en abril, en el Centro de Arte y Comunicación (CAYC), pudo verse la importante muestra *Arte y cibernética*, con obras de artistas del grupo del mismo nombre y que fue organizada por Jorge Glusberg. En mayo, *Formas computadas*, organizada por el CCUM y que se celebró en el Ateneo de Madrid. En junio, Jornadas sobre *Arte y ordenadores* en la Universidad Laboral de Zagreb (antigua Yugoslavia), con la asistencia, entre otros, de Herbert W. Franke, Vera Molnar, Abraham Moles, que dirigió los coloquios, y Florentino Briones en representación del CCUM. En julio, de nuevo en Buenos Aires, el CAYC organizó la muestra *Arte de sistemas*, comisariada por Jorge Glusberg.
- 1972: *Grenzgebiete der bildenden Kunst*, en la Staatsgalerie de Stuttgart, en la que se incluían *computer graphics*.
- 1973: En Francia, SESA (Software et Engineering des Systèmes d'Informatique et d'Automatique) organizó *Ordinateur et Création Artistique*. En Edimburgo, la Computer Arts Society, en colaboración con un comité de artistas, organizó la muestra *Interaction, Machine: Man: Society*. En Buenos Aires se exhibió *Arte y Computadoras*, en colaboración con la Universidad de Minnesota, Minneapolis, como parte de la primera ICCH (*International Conference on Computing in the Humanities*). Los siguientes encuentros del ICCH se organizaron junto a importantes exposiciones de *computer graphics*, primero en Los Ángeles en 1975, organizada por Grace C. Hertlein, y después en 1977, en la Universidad de Waterloo, en

vés de sutiles cambios de luz y sonido, las relaciones entre los observadores y el espacio que los circunda. Los observadores entraban en una galería oscurecida, cuyos límites eran definidos por bandas fosforescentes, y a medida que se movían en la habitación, comenzaban a descubrir las relaciones entre sus actividades y los cambios de luz fosforescente y los sonidos electrónicos que los rodeaba. Una vez consciente que los medios ambientes respondían, el espectador interactuaba con él y exploraba la infinita gama de sucesos de luz y sonido. Aunque los artefactos luminosos y acústicos eran simples, estaban controlados por un programa de una computadora que hacía posible obtener una matriz de cambio sobre tiempo y espacio, coordinando las secuencias pre-programadas con datos sensoriales recibidos en el medio ambiente. El programa recibía los datos de carga de parte de detectores y los convertía a través de funciones, para controlar señales para el medio ambiente visual y auditivo. Es decir, que las relaciones entre los sonidos y los movimientos de los observadores y los sucesos luz-sonido dependían de la carga sensorial del programa de las secuencias programadas y de las funciones casuales. La computadora utilizada para esta muestra fue una pequeña PDP-12 perteneciente a la Digital Equipment Corporation. Los programas para controlar las luces y sonidos estaban escritos en un lenguaje llamado Glowtran que fue desarrollado especialmente para este proyecto y de ahí que se llamó *Glow-flow*; los sonidos estaban generados por un sintetizador y este artefacto había sido interenfrentado con la computadora, de modo que respondía al control electrónico directo más que a la manipulación manual de los diales de los tableros. La computadora también manipuló la aparente fuente de flujo de sonido que se obtenía por los micrófonos colocados en el cuarto». *Arte y cibernética*, Centro de Arte y Comunicación, Buenos Aires, 1971.

- Canadá. Entre noviembre y diciembre, en Burdeos, un seminario y la muestra paralela *Art et Ordinateur*, organizados por SIGMA.
- 1974: en Angers, Francia, la exhibición *Art et Informatique* presentó numerosos filmes generados por ordenador. *Art et Ordinateur*, en Bruselas, organizada por el Institut Supérieur pour l'Étude du Langage Plastique, bajo la iniciativa de G. Brys-Schatan. Bajo la iniciativa de Vladimir Bonacic, tiene lugar en Jerusalén el *Bat-Sheva-Seminar on the Interaction of Art and Science*.
- 1977: *L'ordinateur et les arts visuels*, en París (seminario y exposición).
- 1978: *Arts et Informatique*, en París (seminario y exposición). *Art of the Space Era* (exposición), en el Museum of Art, Huntsville, Alabama, Estados Unidos. *Arts and the Computer* (exposición), en el Worcester Art Museum, Worcester, Massachusetts, Estados Unidos. *Computer Generated Art Exhibit* (exposición), Old Dominion University, Norfolk, Virginia, Estados Unidos.
- 1979: *Artiste et Ordinateur*, en París (seminario y exposición), organizado por el Centro de Cultura de Suecia. Comienza en Linz, Austria, el festival Ars Electronica. *Cybernetic Symbiosis* (exposición), Lawrence Hall of Science, Berkeley, California, Estados Unidos.
- 1980: *Art In / Art Out* (exposición), Ukrainian Institute of Modern Art, Chicago, Illinois, Estados Unidos.
- 1981: Peter Beyls organizó en Bruselas el *International Festival voor Elektronische Muziek, Video en Computer Art*, que duró 14 días.
- 1982: *L'art et l'ordinateur*, en París (seminario y exposición), organizado por la CISI (Compagnie Internationale de Service en Informatique).

3.2. La controversia sobre la artisticidad del «computer graphic».

Según he señalado al principio de este capítulo, uno de los problemas críticos más controvertidos en relación con el *computer graphic* es determinar en qué momento se produce el paso de éste al *computer art*, es decir, cuándo habría de establecerse la transformación del gráfico de ordenador en arte de ordenador. El asunto, en realidad, ofrece a mi juicio una importancia relativa y, en todo caso, afecta especialmente al presumible interés de los miembros de los diferentes grupos interdisciplinarios constituidos a partir de 1968 en numerosos países, por situarse cronológicamente entre los primeros puestos de la tendencia a nivel internacional. Disponemos, sin embargo, de un dato meridianamente claro: entre 1967 y 1968 se originan una serie de cambios significativos —incorporación de artistas plásticos al movimiento y aparición de los mencionados grupos interdisciplinarios— que permiten hablar, como hemos hecho, de una segunda etapa en la historia del *computer graphic*. Hay que tener en cuenta que si algún rasgo sobresale en la primera etapa, es que un cierto número de investigadores científicos, fundamentalmente matemáticos e ingenieros, sin apenas conexión entre sí, realizan gráficos con la in-

intervención de la computadora, en algunos casos, como ocurre en el de William A. Fetter, como parte integrante de sus tareas de investigación, y en otros con una finalidad al menos no declaradamente artística. Pero también es verdad, al mismo tiempo, que desde la más temprana aparición de los gráficos generados por medio de la computadora, comenzaron éstos a exhibirse públicamente en museos y salas de exposiciones, lo cual es un índice valioso de que desde el principio fueron apreciados por ciertas personas como obras artísticas, independientemente de la intencionalidad estética de sus autores⁴². Incluso en los casos, como los citados de Michael Noll y de Leslie Mezei, en los que el autor se declara contrario a presumir la existencia de cualquier categoría estética en sus creaciones, esta opinión hay que valorarla con cautela y en modo alguno es determinante en un juicio crítico posterior que pretenda establecer el carácter estético o no de tales piezas. J. P. Covington, por ejemplo, en su texto de presentación a la muestra *Art of the Space Era*, parece decantarse por la artísticidad del *computer graphic*: «La utilización gráfica del ordenador nació para diagramar fórmulas matemáticas y para ilustrar proyectivamente objetos ideales. Esta posibilidad de esquematización gráfica es la fuerza animadora de muchos de los trabajos acometidos. Las imágenes diagramadas trascienden el nivel de la ilustración cuando son considerados bajo una luz intelectual»⁴³. En la escasísima literatura artística aparecida en nuestro país sobre esta cuestión, ha sido de nuevo Manuel Barbadillo quien ha resumido admirablemente el núcleo del problema:

La artísticidad de los gráficos de ordenador de esa primera etapa que cierra la exposición de Londres, a la que al principio calificué de proto-artística, si bien de forma provisional, es un asunto controvertido. La actitud del *stablishment* artístico hacia ellos fue siempre desdeñosa. Lo cual no tiene demasiada significación si se recuerda que tal ha sido la actitud de todo lo establecido hacia cualquier fenómeno que implique cambios. Pero es que manifestaciones de algunos de los propios autores de esas obras parecen justificar esta actitud. Así las de Michael Noll, quien consideraba sus propios trabajos gráficos con ordenador como ingeniería de *software*, y no como una actividad artística [*The Computer in Art*, op. cit., pág. 25], o las del profesor Mezei, al que he mencionado antes como uno de los grandes impulsores del gráfico de ordenador. En 1976, Mezei manifestaba que «los especialistas en ordenadores que jugaron por primera vez con estas posibilidades, pronto agotaron sus ideas y su interés. Hicieron simplemente lo que era fácil y obvio con su *hardware* y con su aún más limitado *software*. Dado que eran los primeros, los resultados fueron únicos e interesantes, pero generalmente carentes de arte y no muy innovadores» [*Artist and Computer*, op. cit., pág. 23]. Por su parte, Cynthia Goodman, autora del libro *Visiones digitales. Los ordenadores y el arte*, llega a decir que «los mismos científicos que han hecho tanto en el progreso del gráfico de

⁴² Una de esas personas que más prematuramente defiende en Europa, en 1965, la artísticidad de la gráfica de ordenador, es el crítico italiano Silvio Ceccato. Véase su artículo *Estética y cibernética*, op. cit., págs. 11-16.

⁴³ Citado por F. Javier Seguí de la Riva en «Arte e informática», en *Arte e informática*, Madrid, Fundación Citema, 1980, pág. 6.

ordenador han contribuido a la confusión y a la crítica de dicha disciplina».

En general, plásticamente, esas obras no producen la impresión de ser grandes obras de arte, aunque por lo que a mí personalmente respecta, tengo que decir que uno de los gráficos más bellos que he contemplado es un dibujo a línea producido con un *plotter* en Alemania por Curd Alsleben y el Dr. Cord Passow [se refiere a la Fig. 3.1 de la pág. 32], nada menos que en 1960; es decir, uno de los primeros dibujos hechos con un ordenador. Existe la posibilidad de que esa pobre impresión que estas obras nos producen se deba a que las juzgamos con una vara de medir inadecuada. El concepto de la belleza en arte no es un concepto absoluto. El gusto de un maorí, por ejemplo, no es el mismo que el de la burguesía europea del siglo pasado. Cada civilización, cada época y, más aún, cada movimiento artístico, crea un criterio estético que se corresponde con la concepción del mundo de su comunidad. Puede que a los gráficos de ordenador los estemos juzgando con los valores de una estética ya convencional, la generada por la actividad artística de la primera mitad de nuestro siglo. Debemos tener en cuenta que esta estética —que por cierto tampoco tuvo fácil su relativa generalización— se ha ido formando sobre la contemplación de cuadros que eran en sí mismos objetos únicos, terminados, mientras que los gráficos de ordenador son generalmente representaciones de procesos o meros ejemplos de una variedad de otros muchos posibles. El autor de un gráfico de ordenador, y especialmente el de las décadas de los sesenta y setenta —cuando era necesario programarlo—, no ha utilizado el ordenador para la ejecución de un diseño preconcebido o que se va configurando durante una realización que en todo momento dirige él, sino que ha puesto en marcha un proceso cuya dirección, en líneas generales, ha sido establecida por él, pero que puede estar sometido a mecanismos de autorregulación por medio de la retro-alimentación de datos suministrados por el propio programa a medida que el ordenador lo procesa, o incluso otros medios. Por eso, algunos de los autores de gráficos de ordenador de los primeros años realzan el aspecto conceptual de sus obras y aducen que éstas no son sólo los signos gráficos reproducidos sobre el papel, sino también el programa que los genera, por lo que esas obras no deben ser juzgadas por sus elementos más obviamente visibles, si éstos no son considerados en relación con aquellos otros que no producen un efecto inmediato sobre el sentido de la vista, sino que son captados por el entendimiento. Es decir, que el contenido de la obra estaría expresado tanto en lenguaje plástico como conceptualmente, en cuyo caso habría que considerar al ingrediente cibernético como de relevancia artística. Relevancia que provendría no sólo del papel que van a desempeñar, y que desempeñan ya, los ordenadores en nuestra civilización, sino de ser la cibernética en sí misma una imagen del mundo: la imagen de un universo contingente en el que existen enclaves organizados que pugnan con la tendencia general a la entropía. Este elemento cibernético sería el aglutinante ideológico que daría entidad de tendencia artística al movimiento, al menos durante las décadas de los sesenta y setenta, y haría del término *computer graphic* algo más que una mera descripción técnica⁴⁴.

⁴⁴ Por ese carácter superador de lo meramente técnico parece también inclinarse J. Seguí de la Riva cuando dice: «La significación intelectual de las imágenes gráficas [de ordenador] se relaciona con la exploración de la estructura geométrica del universo». SEGUÍ DE LA RIVA, F. J.: «Arte e informática», op. cit., pág. 6.

Si esta argumentación se impone, la importancia de la aportación española sería la de haberse producido en una fecha temprana de la historia de esta tendencia, pero si, por el contrario, se considera que a las obras producidas por ingenieros y matemáticos durante la primera etapa no puede atribuírseles naturaleza artística, los gráficos realizados en el CCUM habrían sido las primeras obras de arte plástico hechas con ordenador en Europa y estarían además entre las primeras del mundo. Como parte interesada, voy a reservarme mi opinión sobre esta controversia⁴⁵.

En una conversación mantenida por mí con Barbadillo en octubre de 1995, cuando ya habían sido redactados los párrafos precedentes, éste expresó su convencimiento, que es también el mío propio, de que muchos de los gráficos de ordenador de la primera etapa ofrecían una incuestionable dimensión artística, y ésta, precisamente, venía determinada por el aludido ingrediente cibernético, esto es, por los mecanismos de autorregulación y retroalimentación y, lo que resulta probablemente el factor decisivo en la clarificación de la controversia, por constituir la cibernética, en sí misma, una imagen del universo, una concepción no sólo científica sino principalmente filosófica del cosmos, según hemos tenido oportunidad de señalar en el segundo capítulo de este trabajo. En su artículo, sin embargo, por honestidad intelectual y «como parte interesada», Barbadillo declina pronunciarse al respecto.

⁴⁵ *Del gráfico de ordenador al arte de ordenador*, op. cit., pág. 437-439.

El que Charles Csuri fuese, en 1967, el primer artista plástico que utilizase el ordenador y, además, lo hiciera con una intención expresamente artística, ni mucho menos invalida que los gráficos generados por computadora desde 1960 posean naturaleza estética⁴⁶. Tampoco me parece un argumento

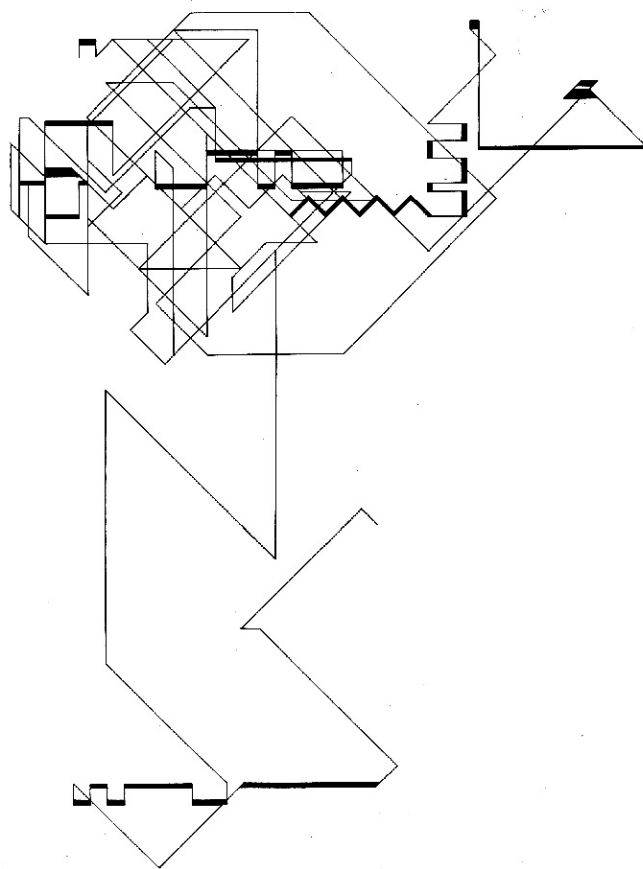


Fig. 3.13. *Estructura poligonal*, por Manfred Mohr.

consistente aducir que fueron realizados por matemáticos e ingenieros como aspectos parciales de un proyecto de investigación más amplio relacionado con cuestiones estrictamente técnicas y no artísticas. Uno de los primeros matemáticos alemanes y de todo el mundo en el campo del *computer graphic*, Georg Nees, que también fue uno de los primeros teóricos de la tendencia, le

⁴⁶ Creo oportuno adelantar aquí que las dudas o la abierta negativa a admitir el estatuto de artisticidad de las obras generadas con la computadora, ni mucho menos se circunscriben a los orígenes de la tendencia, cuando los pioneros crean los primeros gráficos digitales. Todavía en 1979, numerosos representantes de la institución arte continuaban negando o poniendo en entredicho esa condición a los gráficos producidos después de la célebre muestra de Londres de 1968, por ejemplo, en nuestro país, a los realizados en el CCUM. Véase, SEGUÍ DE LA RIVA, F. J.: «Arte e informática», op. cit., pág. 5.

concedió siempre más importancia al programa con el que debía trabajar la máquina y a todo el proceso de su elaboración, que al resultado final en forma de una obra con unas determinadas características físicas y materiales. Es decir, Nees resalta, como dice Barbadillo, el aspecto *conceptual* frente al puramente *objetual*. Esta opinión, que más adelante analizaremos con cierto detenimiento por constituir uno de los puntos centrales de la nueva estética, nos obliga a considerar con otros instrumentos de medida, distintos a los tradicionales, los gráficos de ordenador de los investigadores científicos de la primera etapa del *computer graphic*, pues esos científicos eran los que creaban los programas pertinentes en cada caso. Sin contradecir este punto de vista, hay que reconocer que esos mismos científicos pioneros en el gráfico de ordenador, admitieron siempre que las posibilidades artísticas de la máquina se acrecentarían con la incorporación de pintores, escultores y artistas plásticos en general. A este respecto, A. Michael Noll dice lo siguiente:

Dado que en estos momentos el mayor usuario de las computadoras es la comunidad científica, es comprensible que la mayoría de las descripciones e ideas acerca de las posibilidades artísticas de las computadoras las hayan escrito científicos e ingenieros. Esta situación está indudablemente llamada a cambiar a medida que las computadoras vayan siendo más accesibles a los artistas, quienes lógicamente están mejor preparados para explorar y desarrollar el potencial artístico del medio informático. Por desdicha, los científicos y los ingenieros suelen estar demasiado familiarizados con los mecanismos internos de las computadoras, y ese conocimiento tiende a inspirar unas ideas muy conservadoras sobre las posibilidades de la computadora en las artes⁴⁷.

Por su parte, Ernesto García Camarero ha relacionado el paso del *computer graphic* al *computer art* con el descubrimiento del *plotter*, aunque, acertadamente a nuestro juicio, piensa que el factor determinante en ese progreso fue el conjunto de teorías vinculadas a la cibernética y a la estética de la información⁴⁸.

⁴⁷ NOLL, A.M.: «La computadora digital como medio creativo», en MARCHÁN FIZ, S.: *Del arte objetual al arte de concepto (1960-1974)*. Madrid, Akal, 1985, pág. 385. El artículo de Noll, del que el libro de Simón Marchán ofrece un amplio extracto en su «Antología de escritos y manifiestos, 1955-1985», se publicó originalmente bajo el título «The Digital Computer as a Creative Medium» en la revista *IEE Spectrum*, vol. 4, núm. 10 (1967).

⁴⁸ Véase, AGUILERA CERNI, V.: «Notas sobre Antes del Arte», en GARNERÍA, J. (a cargo de): *Antes del Arte*, Generalitat Valenciana, 1996, pág. 30. La opinión de García Camarero apareció originalmente en un ensayo publicado en el volumen colectivo *La scienza e l'arte*, Milán, Mazzotta Editore, 1972.

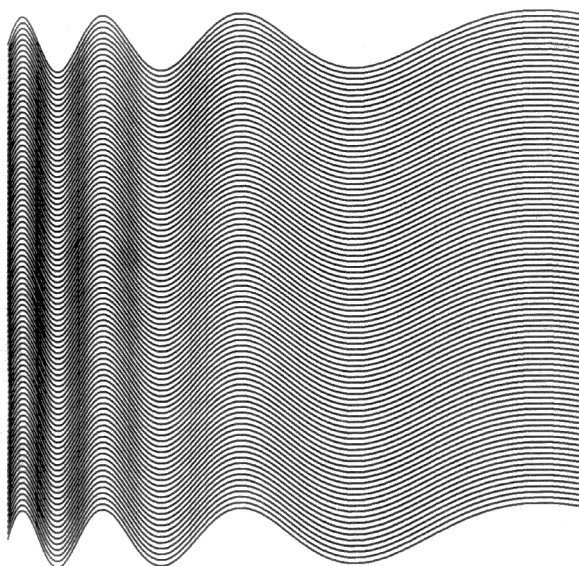


Fig. 3.14. *Forma ondulada*, por A. Michael Noll. En este caso se trata de una representación que hace uso de un efecto molesto provocado por la repetición de las líneas del dibujo, a la manera del arte óptico. La figura consta de 90 ondulaciones generadas mediante computadora con una linealidad que va en aumento. La línea superior de la figura se expresó matemáticamente como una curva sinuosa. La máquina sirvió, pues, para repetir esa línea 90 veces. Con esta obra, muy semejante a la pintura *Curent*, de Bridget Riley, Noll trataba de demostrar que el ordenador puede competir con productos realizados por artistas.

3.3. Morfología.

La mayoría de los gráficos de ordenador hasta principios de los setenta «se han limitado casi siempre a formas geométricas, a reducciones cromáticas al blanco y negro o a combinaciones simples. Aunque también se han realizado obras representativas [...], la mayoría de ellas han sido no-representativas y se las puede adscribir a las tendencias neoconstructivistas»⁴⁹.

Si nos fijamos en los gráficos realizados por matemáticos e ingenieros durante la primera etapa de la historia del *computer graphic*, resulta hasta cierto punto lógica aquella adscripción dada la procedencia profesional de sus autores. También hay que tener en cuenta la influencia provocada por la rela-

⁴⁹ *Del arte objetual al arte de concepto*, op. cit., pág. 132. El carácter elemental y experimental de las formas computadas aún se les sigue reconociendo a esas formas como casi único distintivo todavía a finales de los setenta. En el catálogo de la exposición *Art of the Space Era*, celebrada en Huntsville entre 1977-78, puede leerse: «El arte generado con computador y el arte asistido por ordenador están todavía en su infancia. Por ahora no se puede tomar una postura crítica radical ya que, por el momento, no se puede hablar más que de experimentos». Citado por F. Javier Seguí de la Riva en «Arte e informática», en *Arte e informática*, Fundación Citema, op. cit., pág. 5.

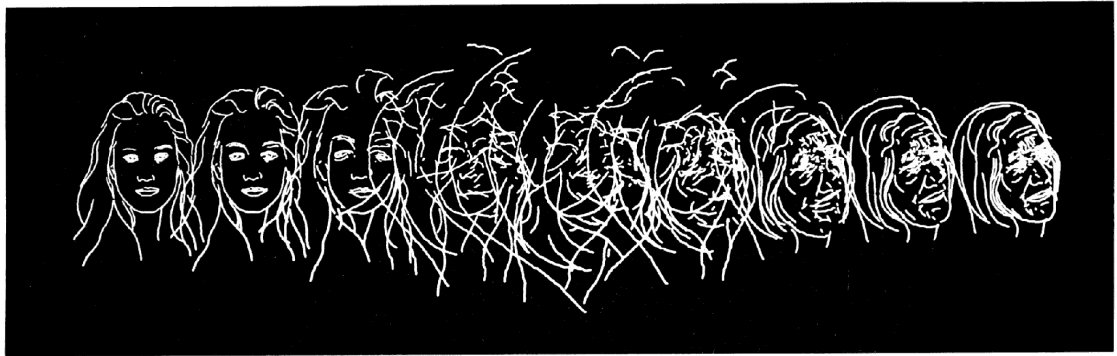


Fig. 3.15. *Transformación*, por Ch. Csuri y J. Shaffer (1966-67). El rostro de una muchacha se convierte gradualmente en el de una mujer vieja

ción de algunos de estos matemáticos con determinadas corrientes estéticas. En Alemania, por ejemplo, Georg Nees y Frieder Nake mantuvieron desde el principio estrecho contacto con el profesor Max Bense, quien en 1960, en colaboración con el escultor Max Bill, organizó una de las exposiciones fundamentales del «amanecer constructivista»⁵⁰ en Europa después de la guerra, *Konkrete Kunst: 50 Jahre Entwicklung*, en la Helmhaus de Zurich⁵¹.

El material técnico utilizado, principalmente los dispositivos de salida como el *plotter*, y la necesidad de no dificultar en extremo la programación, de otro lado, justifican sobradamente las estructuras geométricas empleadas en estos primeros trabajos, su simplicidad y las similitudes y coincidencias entre unos autores y otros:

Como era de esperar, el empleo del computador en la creación estética se inició allí donde el estilo más se aproxima a las normas de ordenación técnica, a las que desde un principio están adaptados los dispositivos de dibujo automático. Sólo hay un paso de la representación de normas matemáticas a los modelos de origen constructivista. La estructura geométrica de estos trabajos, la nitidez del trazado de las líneas y la escasa complejidad facilitan la programación. Así se explica que aquellos autores que simultánea, pero independientemente unos de otros, se dedicaron a la gráfica digital, sobre todo Nake, Nees y Noll, presentaran trabajos de cierta similitud en sus estructuraciones. Durante estos primeros ensayos el arte gráfico del computador no ha superado lo que con los medios convencionales se hubiese conseguido igualmente⁵².

⁵⁰ La expresión es de Simón Marchán.

⁵¹ Véase, DORFLES, G.: *Últimas tendencias del arte de hoy*. Barcelona, Labor, 1976, págs. 82-84.

⁵² «El arte y el computador», en *Impulsos: arte y ordenador*, op. cit., págs. 17-18.

En este sentido, García Camarero ha observado en la obra de Michael Noll —quien se mueve «dentro del campo aleatorio, aunque buscando ciertas regularidades estadísticas»—, especialmente en su vertical-horizontal, evidentes parecidos con la obra de Nees⁵³.

Con frecuencia se reinterpretaban a través del ordenador obras de las tendencias geométricas⁵⁴: es lo que ocurre, por ejemplo, con las experiencias de A. Michael Noll con la obra de Mondrian y de Bridget Riley. En este último caso, además, el parentesco con el arte óptico es muy grande⁵⁵ (Fig. 3.14, pág. 57). De hecho, «la gráfica cibernética guarda estrecho parentesco morfológico con las estructuras de repetición y los microelementos del arte óptico»⁵⁶.

En España, según tendremos oportunidad de analizar con detalle, la casi entera totalidad de los participantes en la experiencia del CCUM realizaron gráficos no representativos, si bien los hubo, como es el caso de Sempere, que recurrieron a la figuración. La morfología abundaba en permutaciones

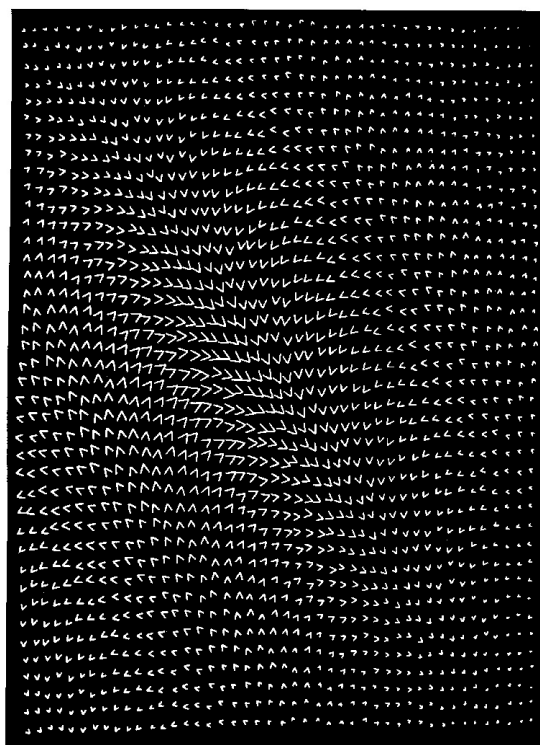


Fig. 3.16. *Optical Effect of Inequality*, por M. Komura.

⁵³ «¿Puede un ordenador producir una obra de arte?», op. cit., pág. 5.

⁵⁴ *Del arte objetual al arte de concepto*, op. cit., pág. 132.

⁵⁵ «Notas sobre Antes del Arte», en *Antes del Arte*, op. cit., pág. 30.

⁵⁶ *Del arte objetual al arte de concepto*, op. cit., pág. 132.

modulares, yuxtaposición, desplazamiento y superposición de módulos, combinaciones cromáticas, construcción de figuras imposibles por combinación de ciertos elementos, etc. También estaba muy arraigado el interés por todo lo concerniente a la psicología de la percepción (principalmente por los asistentes que procedían del área valenciana y pertenecían a Antes del Arte, caso de Aguilera Cerni y de Yturralde), las corrientes constructivistas y la abstracción geométrica. Sobre ésta última, el artista sin duda más citado y estudiado fue Mondrian, del que Elena Asins hizo un original y sugestivo análisis en el libro *Ordenadores en el arte*, concluyendo que «si el cubismo es la conciencia que adquiere forma, el neoplasticismo es la conciencia formada»⁵⁷.

⁵⁷ ASINS, E.: «Consideraciones generales sobre la obra de Mondrian», en *Ordenadores en el arte*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 79-86.

La representación en la gráfica de ordenador es muy tímida hasta 1967-68. Las figuras humanas programadas por William A. Fetter (Fig. 3.17), que quizás fuesen las primeras del mundo, es un ejemplo de morfología determinada por el problema a resolver. Nike, que normalmente realizaba gráficos abstracto-geométricos, también se interesó por el estudio de las leyes estilísticas de algunos pintores, haciendo de este modo simulaciones de sus cuadros. El Computer Technique Group fue de los más activos en dedicarse a la representación figurativa, aunque entre sus miembros no se excluyen las experiencias abstractas. Junto al CTG, Kenneth C. Knowlton y Charles Csuri,

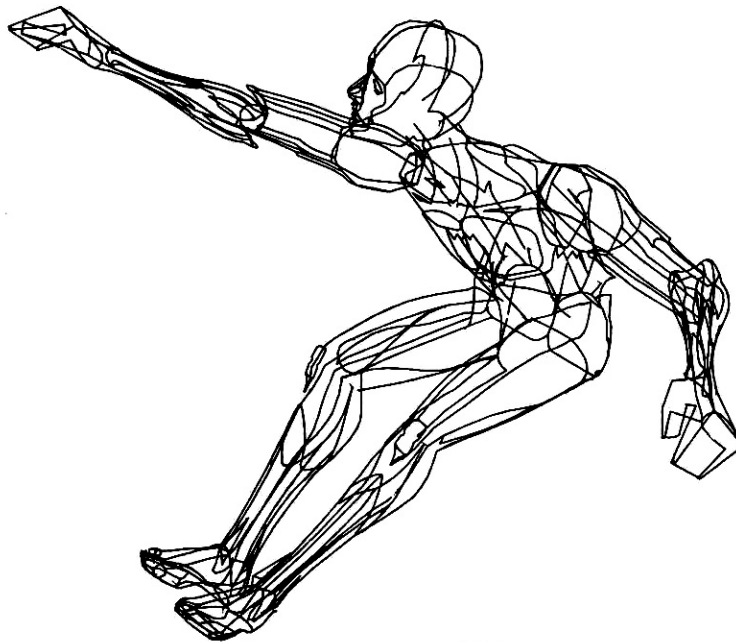


Fig. 3.17. Dibujo de William A. Fetter. Otro ejemplo de la serie de dibujos de este ingeniero para el diseño más eficiente de una cabina de avión. La figura del piloto fue programada de tal forma que pudieran ser representadas todas las posibles posiciones según las proporciones corporales del piloto.

entre los pioneros, son quizás los más destacados en el empleo de la figuración. El que ésta no tuviese un gran desarrollo durante el periodo que estamos estudiando, no significa que no lo haya tenido en el futuro. De hecho, no creo exagerado afirmar que a partir de 1980 ha desplazado considerablemente en el gusto de los artistas que usan la computadora al anterior predominio por la

abstracción geométrica, adentrándose a pasos agigantados en los noventa en el inmenso campo de la animación y de la realidad virtual⁵⁸.

3.4. Teoría estética del arte del computador.

En lo que se refiere al ámbito de la teoría estética, la producción artística realizada con la computadora⁵⁹ ha encontrado su formulación más elaborada en las llamadas estéticas informacionales, cuyos principales teóricos han sido el alemán Max Bense y el francés Abraham Moles.

Sólo a modo de preámbulo diré que el campo de las ciencias del arte que se conoce con el nombre de «estética de la información» constituye la muestra más reciente y avanzada del interés que puede rastrearse en la historia del pensamiento desde el siglo XIX por vincular las ciencias humanas con las ciencias físico-matemáticas. Según Omar Calabrese, «la pretensión de crear estéticas científicas puede ser ubicada como reacción al idealismo de Hegel y de sus epígonos (como Croce entre los italianos) y puede ser adscrita a filósofos como Helmholtz⁶⁰, Lipps⁶¹, Fechner⁶², Birkhoff (sobre éste, ver nota 75, pág. 67, de este mismo capítulo) y a un programa positivista». También hace notar el mismo estudioso que «una enseñanza que se puede extraer de la estética de Jakobson⁶³ es su intento de conjugar el estudio humanístico con las teorías científicas modernas»⁶⁴. De otro lado, conviene recordar aquí que «la estética de la información no pudo constituirse en ciencia hasta el momento en que la teoría

⁵⁸ Semejante derrotero del *computer art* ya fue en cierto modo previsto en los años que analizamos: «Al igual que el hombre, el computador deberá recibir inicialmente información sobre la forma de los objetos, y para estos fines sirven aparatos de fotografiar o cámaras de televisión. Lo verdaderamente atractivo del arte gráfico del computador que parte de configuraciones figurativas, reside en la posibilidad de construir, modificar y reducir ordenaciones visuales. Y no solamente son posibles simples superposiciones como las que se conocen en el laboratorio fotográfico; es factible, por ejemplo, perturbar sistemáticamente y con precisión el orden y lograr así sensaciones visuales completamente nuevas. Igualmente, es posible combinar por medio de ciertos errores de cálculo varias imágenes —otro método imposible de ejecutar sin la ayuda del computador. No están agotados, ni mucho menos, los recursos del computador en lo que se refiere al arte figurativo. «El arte y el computador», en *Impulsos: arte y ordenador*, op. cit., pág. 18.

⁵⁹ Advuértase, no obstante, que «la producción de grafos con computadoras no exige una teoría estética: basta realizar programas que tengan en cuenta una serie de reglas impuestas por el artista. Aunque también los programas pueden realizarse a partir de una estética concebida de forma teórica». FRANKKE, H. W.: «Estética cibernética», en *Boletín del CCUM* n° 12, junio 1970, pág. 13. El artículo de Franke es un resumen de la conferencia que, con el mismo título, pronunció en el CCUM el día 25 del mismo mes.

⁶⁰ Hermann von Helmholtz, científico y filósofo alemán (1821-1894), realizó importantes trabajos en torno a la percepción del espacio y a la conciencia del tiempo.

⁶¹ Theodor Lipps, filósofo alemán (1851-1914), autor de la célebre teoría de la *Einfühlung* o empatía estética.

⁶² Gustav Theodor Fechner, filósofo alemán (1801-1887), fue uno de los primeros en introducir el método experimental en psicología y está considerado como uno de los fundadores de la psicología del arte.

⁶³ El lingüista Roman Jakobson (1896-1982), máximo exponente del formalismo ruso y uno de los fundadores del Círculo lingüístico de Praga, ejerció gran influencia en Max Bense, Abraham Moles, Umberto Eco y otros autores relacionados con la estética semiótica y la estética de la información.

⁶⁴ CALABRESE, O.: *El lenguaje del arte*. Barcelona, Paidós, 1987, pág. 97.

de la información propuesta por Shannon introdujo (al menos en principio) la referencia a una *medida*: la complejidad o cantidad de información del mensaje» (ver cap. 2, nota 20, pág. 17).

En cuanto a los dos grandes teóricos citados, y también antes de entrar en el contenido específico de este apartado, creo oportuno hacer algunas consideraciones de carácter preliminar, principalmente en el caso del alemán, dada la complejidad y riqueza de su evolución intelectual.

Max Bense, nacido en Estrasburgo en 1910 y muerto en Stuttgart en 1990, fue profesor de la Universidad de esta última ciudad durante muchos años. Todo su pensamiento estético está vinculado a la teoría de la ciencia y sólo puede ser concebido dentro de sociedades altamente desarrolladas industrial y tecnológicamente. Paradójicamente, sin embargo, el interés de Bense por los adelantos tecnológicos y por el progreso general de la ciencia choca con su resistencia a usar los artefactos que la sociedad hipertecnificada ponía a su disposición: «Max Bense siempre compartió la ‘existencia técnica del hombre moderno’, pero se negó tenazmente a utilizar él mismo un ordenador o cualquier otra máquina moderna, como, por ejemplo, el automóvil»⁶⁵.

El conjunto de sus escritos puede juzgarse como el intento más depurado de crear una estética científica y la aportación más completa, a pesar de sus limitaciones y falta de conclusión, a la estética cibernética. Aunque su obra capital en este terreno, *Introducción a la estética teórico-informacional*, es de 1969, su interés en el desarrollo de una estética científica es muy anterior, al menos de los primeros años cincuenta.

Su primera aportación de envergadura al campo de la teoría estética es el libro *Estética. Consideraciones metafísicas sobre lo bello*, publicado en Alemania en 1954 y traducido al castellano en 1957. En esta obra, de una extraordinaria calidad literaria y estilística, Bense se mueve aún bajo la influencia de Hegel, situándose todavía, según ha explicado Simón Marchán, en «una continuación de la trayectoria objetivista de la estética». En ella se contienen ya, sin embargo, algunos de los presupuestos que van a definir toda la teoría estética bensiense: la consideración de la estética, no como una «disciplina filosófica independiente», sino como una «disciplina de filosofía aplicada»; la estética como «una teoría filosófica unitaria del objeto, del juicio y de la existencia estéticos»; el carácter material y físico de las obras de arte, soporte de su realidad estética (a la realidad estética de la obra de arte la denominaba Bense entonces «correalidad», esto es, aquella dimensión espiritual que las hace trascender de su mera existencia real); el interés por la matematización y exactitud de la estética, derivado de su preocupación en la aproximación entre el arte y la ciencia; el interés por el mundo de los signos y por la semiótica; el interés por las filosofías neopositivistas del lenguaje.

⁶⁵ WALTHER, E.: «La poesía concreta en el Brasil y Alemania», en *Inventario*, n° 4, Madrid-Barcelona, invierno de 1994-1995, pág. 29.

Entre 1954 y 1964, apunta de nuevo Marchán, «observamos una superación progresiva de esta posición inicial, que culmina con la aparición en 1965 de los volúmenes completos de su *Estética*» (se trata de la obra, no traducida al castellano, *Aesthetica. Einführung in die neue Aesthetik*, Baden-Baden, Agis Verlag, 1965, que reunía todo lo publicado separadamente entre 1954 y 1960). Los inmensos intereses intelectuales de Bense le hicieron dirigirse hacia las disciplinas más variadas. Tanto en la primera formulación de su *Estética* como en los artículos publicados en los años inmediatamente posteriores, exponentes ya de esa superación a la que alude Marchán, encontramos los que serían los pilares especulativos de todo su pensamiento estético: Charles Sanders Peirce⁶⁶, que por primera vez va a ser estudiado como semiólogo en Europa; Charles Morris⁶⁷, origen de la estética semiótica; Claude Shannon y Weaver, fundadores de la teoría de la información; Norbert Wiener y los cibernéticos; la *Gestalt* y los impulsores de una estética matemática como G. D. Birkhoff. De hecho, según ha comentado Calabrese, en su segunda *Estética* (1965) Bense «une la semiótica de Morris con la estética científica de Birkhoff y con la teoría de la información». El desarrollo de todas estas ideas se hace mucho más explícito en el tercero de los trabajos bensiánicos sobre la estética, la ya mencionada *Introducción a la estética teórico-informacional*⁶⁸.

En cuanto a Abraham Moles, su obra fundamental en el campo que estamos considerando es su tantas veces citada *Teoría de la información y percepción estética*, publicada en 1958, es decir, algo anterior a la aparición de los primeros gráficos de ordenador, que son como hemos visto de alrededor de 1960. Aunque las ideas de Moles expresadas en ese libro han estado sujetas, lógicamente, a un desarrollo posterior, hecho patente en multitud de artículos, conferencias y comunicaciones en diversos encuentros internacionales.

⁶⁶ Peirce, filósofo y científico estadounidense (1839-1914), está considerado como el padre de la semiótica o ciencia general de los signos. Véase, BOZAL, V. (coord.): *Historia de las ideas estéticas y de las teorías artísticas contemporáneas*. Madrid, Visor, 1996, vol. II, págs. 58-72.

⁶⁷ Morris, lógico estadounidense (1901-1971), desarrolló las ideas de Peirce, dividiendo la semiótica en sintaxis (relaciones formales entre los signos), semántica (relaciones entre los signos y lo que ellos significan) y pragmática (relaciones entre los signos, las significaciones y los hombres que los utilizan). En su célebre artículo *Aesthetics and the Theory of Signs*, de 1939, donde por primera vez se delinea globalmente un acercamiento de la semiótica a la estética, Morris distingue entre signos *icónicos* (semejantes a aquello que significan, esto es, que tienen propiedades en común con lo que significan, como un plano o una fotografía) y signos *no icónicos* (que no poseen ese carácter, como los signos verbales o las cifras arábigas). También distinguió, en el signo, entre *designata* (función del signo de transmitir alguna cosa) y *denotata* (función del signo de referirse a alguna cosa). El signo estético posee *designata*, pero no *denotata*, es decir, no tiene significado alguno. Véanse, BENSE, M.: *Estética. Consideraciones metafísicas sobre lo bello*. Buenos Aires, Nueva Visión, 1973, págs. 49-54; CALABRESE, O.: *El lenguaje del arte*, op. cit., págs. 78-84; BOZAL, V. (coord.): *Historia de las ideas estéticas y de las teorías artísticas contemporáneas*, op. cit., vol. II, págs. 58-72; FORMAGGIO, D.: *Arte*. Barcelona, Labor, 1976, págs. 219-220, y GIVONE, S.: *Historia de la estética*. Madrid, Tecnos, 1990, págs., 132-133.

⁶⁸ Sobre Max Bense, pueden consultarse: MARCHÁN FIZ, S.: «La 'estética científica' de Max Bense», en BENSE, M.: *Introducción a la estética teórico-informacional*. Madrid, Alberto Corazón, 1973, págs. 7-17; CALABRESE, O.: *El lenguaje del arte*, op. cit., págs. 97-106, y los artículos «Bense» y «Estética de la información» de *La comunicación y los mass media*, op. cit., págs. 38-39 y 274-279, respectivamente.

les, sin embargo, las páginas de aquél siguen siendo referencia indispensable de su contribución a la estética de la información, no apreciándose en este sentido ningún cambio sustancial del núcleo de la materia analizada entonces.

Abraham Moles, además, ha sido siempre un ferviente defensor del arte tecnológico en su dimensión cibernética. Partiendo de la idea de que el arte, antes de nada, es puro artificio, considera al ordenador, «instrumento del artificio», «la llave del único arte auténtico». El arte no puede ser obstaculizado por un puritanismo antitecnológico: «Una ética represiva del arte ataría necesariamente las manos del artista». El arte del futuro, opina Moles, es el arte de la sociedad de los Sistemas, y habrá de reposar necesariamente sobre máquinas capaces de manipular la complejidad. La máquina ofrece, por tanto, posibilidades insospechadas para abrir nuevos caminos a la expresión del hombre. Dicho de otro modo: la máquina será capaz de realizar todo aquello

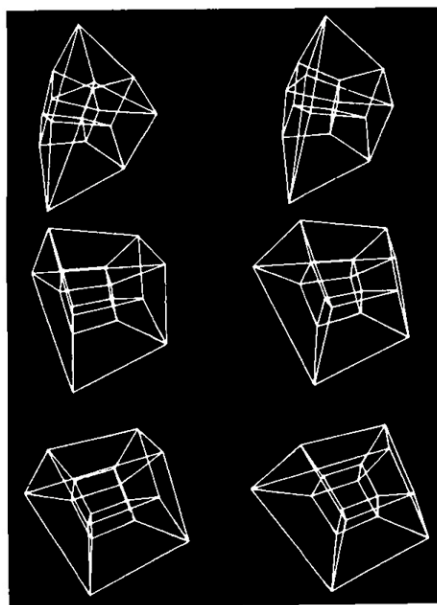


Fig. 3.18. Una obra de Michael Noll. Proyección tridimensional de un cubo de cuatro dimensiones, representada a través de parejas de dibujos para su observación estereoscópica en movimiento.

Dicho de otro modo: la máquina será capaz de realizar todo aquello que se proponga la imaginación del hombre⁶⁹.

La influencia de la estética de la información puede rastrearse, con mayor o menor dominio de su complicada terminología y de sus contenidos eidéticos, en un buen número de artistas cibernéticos, que se refieren a ella directa o indirectamente en numerosos escritos. Entre los creadores españoles

⁶⁹ Véase, MOLES, A.: «L'art à l'ordinateur: vers où?», en el catálogo de la exposición *Art et ordinateur*, Burdeos, 1973.

que participaron en la experiencia del CCUM, los hubo muy interesados por la estética en general y por la estética cibernética en particular, caso por ejemplo de Ignacio Gómez de Liaño, que en ese momento determinado de su evolución intelectual recibe una clara influencia del teórico alemán. En efecto, a finales de los sesenta, y así lo puso de manifiesto en más de una reunión del seminario de Generación Automática de Formas Plásticas, Ignacio Gómez de Liaño mostraba su preferencia por una concepción de la Estética reducida al análisis del objeto estético, siendo éste un destilado teórico o ideal que hiciera posible el estudio de los objetos artísticos. Tres eran para él los componentes fundamentales del objeto estético: el componente material o «hilético» [del gr. *υλη*, materia], nivel en el que habrían de ser inventariados los elementos materiales que intervienen en la composición de la obra de arte, así como recíprocamente definidos por sus diferencias; el componente sintáctico, en el que se estudiarían los tipos de ordenaciones, de estructuras relacionales y conexiones que se dieran entre los «hilemas», al objeto de establecer algunas reglas generales; por último, el componente semántico, considerándolo como una clasificación y jerarquización de las categorías que intervienen en la obra de arte⁷⁰.

La noción que de la dimensión semántica ofrecía Gómez de Liaño, sería, sin embargo, matizada en el seno del seminario madrileño por García Camarero, quien en ocasiones se había referido al objeto artístico como un estímulo que «impresiona» al contemplador, provocándole un determinado comportamiento. Según esta interpretación, la obra ofrece un campo de *significaciones* que habrían de ser estudiadas estadísticamente para tratar de llegar a algunas conclusiones respecto al estímulo artístico y la respuesta resultante⁷¹.

En estrecho contacto con Max Bense en la Universidad de Stuttgart, donde recibió lecciones de semiótica en los primeros años setenta, estuvo Elena Asins, una de las personas que en España ha hecho contribuciones teóricas más decisivas en relación con el arte normativo.

Hubo también algunas ocasiones en que esos mismos teóricos fueron expresamente invitados por el Centro de Cálculo a dar conferencias o participar en encuentros relacionados con la estética del computador, como los organizados por el Instituto Alemán de Madrid y Barcelona en 1972. Tanto las discusiones llevadas a cabo en el seno del seminario madrileño como las pu-

⁷⁰ Véase, *Boletín* del CCUM, n° 7, noviembre de 1969, pág. 3. Simón Marchán, por su parte, siguiendo las indicaciones de la estética semiótica, ya se refería en la Introducción de la primera edición (1974) de su libro *Del arte objetual al arte de concepto*, a las tres famosas dimensiones de la obra artística: sintáctica (modelo de orden entre sus elementos), semántica (significaciones y valores) y pragmática (influencia en un contexto social determinado), precedidas del léxico o vocabulario (repertorio material). Véase, MARCHÁN FIZ, S.: *Del arte objetual al arte de concepto*, op. cit., págs. 11-15.

⁷¹ Acerca de la diferencia de opiniones entre Gómez de Liaño y García Camarero, véase el mismo número del *Boletín* del CCUM citado en la nota anterior.

blicaciones del CCUM, dan prueba fehaciente de este interés por la estética científica y la teoría de la información entre sus protagonistas⁷².

El campo de estudio donde más se ha desarrollado la estética de la información es, según acabamos de indicar, el de la investigación de las formas generadas por el ordenador, una difícil y compleja tarea que se ha centrado en la *estética numérica*, en la *estética semiótica* y en la *estética generativa*.

La *estética numérica*, denominación que se debe a Max Bense, se propone estudiar con precisión científica las estructuras sintácticas de las obras. La atención concedida a la ordenación estructuralista de los elementos que forman la composición supone también el predominio del significante sobre el significado: «La estructura —ha escrito Elena Asins— es siempre significativa»⁷³. La *estética numérica* es una estética material, preocupada ante todo por la descripción de los elementos materiales del objeto artístico, interesada en los *valores numéricos* y la relación de éstos con la complejidad y el orden⁷⁴. A través de un detenido análisis de la medida *estética* o *cociente de medida de Birkhoff*⁷⁵, la *estética numérica* bensiiana distingue en el objeto artístico entre la «medida de creación» o «medida de innovación», que viene de-

⁷² Uno de los artículos más representativos al respecto, por supuesto con un carácter meramente divulgativo, es el de SEGUÍ DE LA RIVA, F. J.: «Estética - Información», en *Ordenadores en el arte*, op. cit., págs. 49-56.

⁷³ ASINS, E.: *Estudios y reflexiones sobre pintura*. Madrid, Ministerio de Cultura / Dirección General del Patrimonio Artístico, Archivos y Museos, 1979, pág. 7.

⁷⁴ *Del arte objetual al arte de concepto*, op. cit., pág. 133.

⁷⁵ La *estética numérica* de Max Bense está fuertemente influida por la estética matemática de Birkhoff, a cuyo análisis e interpretación, sobre todo al llamado *cociente de medida de Birkhoff*, dedicó numerosas páginas de su teoría estética. George David Birkhoff, matemático y físico norteamericano (1884-1944), dio a conocer en 1928, durante un Congreso Internacional de Matemáticas celebrado en Bolonia, un trabajo en el que desarrolla una fórmula para calcular la «medida estética» de un producto artístico.

La fórmula es la siguiente:
$$M = \frac{O}{C}$$
 (donde M es la «medida estética», C es la «complejidad» y

O es el factor de ordenación). Esta ley estadística racional de la estética se refería sólo a las formas simples, por ejemplo, una melodía muy sencilla o bien una estructura geométrica muy simple. Véanse, *Estética. Consideraciones metafísicas sobre lo bello*, op. cit., págs. 30-32; *Introducción a la estética teórico-informacional*, op. cit., págs. 80-92. La influencia de Birkhoff, de otro lado, se dejaría sentir también entre algunos de los asistentes a los seminarios del CCUM, como puede deducirse de la sugerencia de E. García Camarero en construir un «estetómetro», es decir, un instrumento de precisión que midiese la carga de intencionalidad estética de los potenciales productos artísticos, y del proyecto del arquitecto José Miguel de la Prada Poole en elaborar una «estetometría conceptual»: «Este vocablo irónico [estetometría] se inspira en un comentario desmitificador de Ernesto García Camarero, pronunciado en el curso de una conferencia sobre *El arte y la cibernética*. Él se refería a la posible realización de un aparato utópico, el estetómetro, que midiese el arte. Es la aérea imagen de este comentario la que está en el origen de mi ensayo de materialización formal de una estetometría conceptual, en la que no se mide nada, donde sólo se observan relaciones y estados transitorios que, en su momento, servirían para fijar las bases de una posible ciencia nueva». PRADA POOLE, J. M.: «Introduction a l'esthétométrie hypothétique», en *L'ordinateur et la créativité*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1970, págs. 89-99. El contenido del artículo es el mismo del de la conferencia que, en junio de 1970 y bajo el título de *Estetometría hipotética*, dictó en el Centro el mencionado arquitecto, durante los actos de clausura del curso 1969-1970.

terminada por la «cuantía de información»⁷⁶, y la «medida de comunicación» o «medida de orden», que viene determinada por la «cuantía de redundancia». La «medida de creación» es equivalente al concepto clásico de «*originalidad*», mientras que la «medida de comunicación» correspondería al concepto clásico de «*estilo*»⁷⁷. Entre el «orden» (redundancia) y la «innovación» (información) existen, según acabamos de insinuar, unas determinadas relaciones numéricas que la *estética numérica* tiene como objeto clarificar. La de mayor trascendencia a nuestro propósito es que en cualquier producto artístico en el que disminuye el «estado caógeno» —es decir, en el que se reduce la entropía en beneficio del «estado estructural»— aumenta necesariamente el orden en menoscabo de la información. Dicho de otro modo: «La ganancia de orden se revela como *pérdida de información*, es decir, con el crecimiento de orden (de los elementos) previsible de un estado estético disminuye su innovación, su originalidad»⁷⁸.

En cuanto a la tarea de la *estética semiótica*, en Bense sólo se refiere, siguiendo en esto la conocida clasificación morrisiana de la semiótica, a las relaciones formales entre los signos, es decir, las relaciones entre los elementos del repertorio material⁷⁹ con el que se construye un objeto artístico.

Por lo que atañe a la rama más nueva de la estética, la *estética generativa*, ha sido considerada la cumbre de todo el proceso de investigación de las formas producidas por el ordenador⁸⁰. La definición que ofrece Bense de este concepto se va depurando y precisando con el desarrollo de su pensamiento. Mientras que en 1965, en una formulación aún bastante general, opinaba que por estética generativa hay que entender

⁷⁶ «Cuantía de información» es lo mismo que «cantidad de información». Según la teoría de la información, *información* y *significación* son conceptos que deben separarse cuidadosamente. En tal contexto, *información* se debe considerar una *cantidad*: la cantidad de información que contiene el mensaje, establecida por Shannon en su conocida fórmula. Debido a que el valor de un mensaje es tanto mayor cuanto que sea más *nuevo* (dicho de otro modo: el valor está ligado a lo *inesperado*, lo *imprevisible* y lo *original*), medir entonces la cantidad de información se reduce a medir lo imprevisible, lo improbable. La información o la originalidad, pues, se halla en función de la improbabilidad del mensaje recibido. Véase, *Teoría de la información y percepción estética*, op. cit., págs. 34-42. Recuérdese que Shannon había demostrado que el valor de un mensaje, su carga informativa, venía determinada por la imprevisibilidad. A mayor imprevisibilidad, mayor información. También Wiener había llegado a la misma conclusión: «Cuanto más probable es el mensaje, menos información contiene. Por ejemplo, un clisé proporciona menos información que un gran poema». Véase, *Cibernética y sociedad*, op. cit., pág. 21.

⁷⁷ Véase, *Introducción a la estética teórico-informacional*, op. cit., pág. 100.

⁷⁸ *Ibidem*, pág. 102.

⁷⁹ Bense distingue entre *repertorio material* (por ejemplo, los colores y las formas usados en la creación de un retrato) y *repertorio semántico* (constituido por los elementos ideales, no-materiales o «semantemas», es decir, los elementos portadores de significado, como, por ejemplo, la similitud o el parecido en un retrato). Véase, *Introducción a la estética teórico-informacional*, op. cit., págs. 37-38.

⁸⁰ *Del arte objetual al arte de concepto*, op. cit., pág. 134.

la suma total de todas las operaciones, reglas y teoremas, que aplicados a un repertorio de elementos materiales manipulables pudiesen producir en éste, de un modo consciente y metódico, estados estéticos⁸¹

en 1969 nos dice que por este concepto

hay que entender una teoría matemático-tecnológica de la transformación de un repertorio en directivas, de las directivas en procedimientos y de los procedimientos en realizaciones.

El proceso creativo en el sentido de la *estética generativa* posee, por tanto, una *fase de concepción* y una *fase de realización*. La fase conceptual trabaja en el dominio intencional ideal, la fase realizadora en el material técnico. La obra ya no mantiene más una relación inmediata al creador. Es *mediada* por un sistema de agregados *semióticos* y de *máquinas*. La *relación creativa* es una relación comunicativa entre un ser *que expide* y un ser *que percibe o recibe*⁸².

El proceso total generador de la obra artística discurriría, así, según el siguiente esquema:

Repertorio material → programa → procedimiento (computador + generador casual o de azar) → realizador → producto⁸³.

El núcleo del esquema bensiano aparece ya en algunos escritos de los pioneros del *computer graphic*. Al describir el proceso de creación de sus dibujos, dice Fetter:

Las técnicas de tipografía y de proceso fotomecánico cumplen el papel de traducir los conceptos en forma visual. Los gráficos de la computadora representan una fase avanzada en este proceso, que involucra las habilidades del diseñador, el programador y un especialista de la animación. En esta última fase, sin embargo, hay menos alcance para la ambigüedad porque la información debe comunicarse descriptivamente y con precisión. Hay tres fases importantes que tienen que ser consideradas cuando se realizan gráficos con la computadora: en primer lugar, está el comunicador, esto es, la persona que tiene una idea o mensaje que comunicar; en segundo lugar, el especialista en comunicación, que decide la mejor manera de resolver los problemas —por ejemplo, si debe hacerse gráficamente, verbalmente o como una combinación de ambos; tercero, el especialista en computación, que selecciona el equipo de la computadora e interpreta los problemas a resolver para que puedan ser ejecutados por aquélla. Sucede frecuentemente, por supuesto, que el comunicador, el especialista en comunicación y el especialista en computación son una y la misma persona⁸⁴.

⁸¹ *Introducción a la estética teórico-informacional*, op. cit., pág. 108.

⁸² *Ibídem*, pág. 109.

⁸³ *Ibídem*, pág. 110.

⁸⁴ *The computer in art*, op. cit., pág. 15. La persona que Fetter llama «especialista en comunicación», sería pronto absorbida por el experto en programación.

Sin embargo, ha sido Frieder Nake quien ha expresado aquel proceso de un modo más explícito⁸⁵:

	RECIBE	ENTREGA
Artista	(Concepción estética)	Programa estético
Programador	Programa estético	Programa de máquinas
Ordenador ⁸⁶	Programa de máquinas	<i>Output</i>
Aparato transformador	<i>Output</i>	Dibujo

La concepción estética del artista se traduce en un programa estético, que se compone de un repertorio de signos, una determinada cantidad de reglas para unirlos y la intuición necesaria para seleccionar los signos y reglas que se utilizan⁸⁷. Claridad y definición son requisitos indispensables del programa estético, a fin de que el programador sepa desde el primer momento a qué atenerse con la mayor precisión posible. Ello redundará, además, en un más exacto control del artista sobre los resultados que le va a ir proporcionando la máquina⁸⁸. En un programa estético de Barbadillo, por ejemplo el programa para el estudio de las relaciones entre elementos opuestos, el repertorio de signos estaría constituido por las formas básicas y módulos utilizados, los cuales serán unidos y combinados según ciertas reglas: repetición de un módulo en el mismo color, repetición de ese mismo módulo en el color opuesto, su opuesto en cuanto a postura en el mismo color, su opuesto en cuanto a postura en el color opuesto, su inversamente igual en el mismo color, su inversamente igual en el color opuesto, etc⁸⁹.

El programa estético que recibe el programador deberá éste traducirlo, mediante fórmulas matemáticas, en un programa de máquinas, lo que se logra gracias a un complicado lenguaje simbólico que traduce la estricta formulación matemática del problema planteado:

El programa en lenguaje de máquinas se refiere a la serie de operaciones *aritméticas*: adición, sustracción, multiplicación; *lógicas*: comparación, extracción, etcétera, que el programa descompone en varias instruc-

⁸⁵ *Del arte objetual al arte de concepto*, op. cit., pág. 135.

⁸⁶ Los modelos de ordenador más frecuentes a finales de los sesenta y principios de los setenta eran el IBM 7090, IBM 1401 (de estos dos modelos disponía el CCUM), IBM 7070, HITAC 5020, CDC 1604 y Siemens 2002.

⁸⁷ *Del arte objetual al arte de concepto*, op. cit., pág. 135.

⁸⁸ Dicho de otro modo: «El 'ars combinatoria' de la calculadora se halla delimitada, sin embargo, por la programación: el artista sabe lo que puede obtener». ÁLVAREZ VILLAR, A.: «Arte y ordenadores electrónicos», en *Arbor*, núms. 297-298, Madrid, septiembre - octubre 1970, pág. 36.

⁸⁹ El programa de Barbadillo a que hago referencia en el ejemplo, aparece como apéndice en su artículo «Módulos, estructuras y relaciones. Ideogramas del rapport universal», en CASTAÑOS ALÉS, E. (co-ord.): *Manuel Barbadillo. Obra modular (1964-1994)*, op. cit., págs. 75-76. Este artículo, impreso en diversas publicaciones, fue editado originalmente en el *Boletín* de la Computer Arts Society de Londres, en noviembre de 1970.

ciones elementales. Las instrucciones son indicaciones operacionales. El ordenador las ejecuta con gran rapidez, pero su número es tan elevado que el programa no sería asimilable por el programador y debe explicitar e inscribir estas operaciones e instrucciones en la *unidad central*, la memoria-operador. Cada secuencia de operaciones se designa por una palabra, constituye un *lenguaje simbólico* preciso: ALGOL (derivado del lenguaje algorítmico o serie de reglas bien definidas para la solución de un problema), FORTRAN (derivado de FORMula TRANslation) y otros⁹⁰.

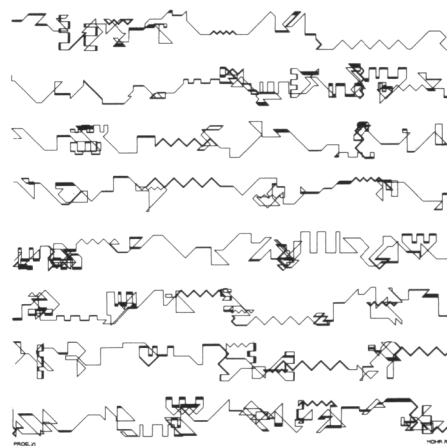


Fig. 3.19. *Pseudoestructura*, por Manfred Mohr. Un generador de casualidad determina la longitud, dirección (0°, 45°, 90°), grosor, etc., de cada secuencia de línea caligráfica. El cálculo se realizó en una BENSON 1284.

El programa de máquinas, según las instrucciones dadas por el artista en el programa estético, debe necesariamente hacer posible producir una clase entera de dibujos que atraviesan un modelo específico en todas sus variaciones⁹¹. Un mismo algoritmo da origen a una gran diversidad de composiciones, evocándose, de este modo, una nueva idea de *múltiple*⁹². De hecho, éste sería uno de los principales fines de la *estética generativa*.

La influencia del programador, sin embargo, se ve en parte limitada por los llamados «generadores de imprevisiones» o «generadores casuales» (de señales aleatorias), cuya función es simular el factor intuitivo del artista en la elaboración del producto estético, es decir, serían algo así como el «modelo cibernético de un organismo dotado de intuición»⁹³. El concepto de intuición en el artista hace referencia a la posibilidad de escoger entre el repertorio de elementos dado. El ordenador simula intuición mediante la selección

⁹⁰ *Del arte objetual al arte de concepto*, op. cit., pág. 135. Un sencillo ejemplo de programa de máquinas, escrito en lenguaje Fortran y diseñado para dibujar una circunferencia, aparece en BRIONES MARTÍNEZ, F.: «Generación automática de formas plásticas», en *Formas computadas*, Madrid, 1971. Se trata del texto de presentación que acompaña al catálogo de la muestra *Formas computadas*, organizada por el Ateneo de Madrid y celebrada en la sala de exposiciones de la calle Santa Catalina en mayo de 1971.

⁹¹ «Notes on the programming of computer graphics», en *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*, op. cit., pág. 77.

⁹² «En el futuro la obra de arte será múltiple, llegando con una misma estructura básica a producirse obras de aspecto diferente», ha afirmado Moles. Véase la entrevista realizada por Ignacio Gómez de Liaño a Abraham Moles en el diario *Madrid* del 15 de enero de 1970.

⁹³ «El arte y el computador», en *Impulsos: arte y ordenador*, op. cit., pág. 19.

automática de cantidades aleatorias (elegidas al azar)⁹⁴. Los generadores de azar —en alemán *Zufallsgeneratoren*— permiten introducir en los procesos generativos secuencias estocásticas⁹⁵, cuyo desarrollo está ligado a la afloración de fenómenos casuales como, por ejemplo, números casuales en secuencias numéricas⁹⁶. El modo de que la casualidad entre en juego en el programa consiste en que el programador deje algunos espacios en blanco en el esquema constructivo del propio programa. Para establecer esos parámetros que han quedado sin fijar se recurre entonces al generador de casualidad, por lo general un dispositivo físico que emite señales aleatorias (como, por ejemplo, un contador Geiger que registra el impacto de partículas radiactivas), o también un generador de ruidos⁹⁷ (ver cap. 2, nota 20, pág. 17) que permite amplificar las perturbaciones atmosféricas o del interior de conductores eléctricos. Otras veces, para ahorrarse un dispositivo suplementario como los descritos, se puede operar con la pseudocasualidad, es decir, usar programas que, aunque no suministren números aleatorios puros como a los que hacía referencia Bense más arriba, emiten números que pueden usarse como series totalmente desordenadas. Con la ayuda de tales programas estocásticos, que incluyen la casualidad, se puede, por ejemplo, distribuir elementos sobre la superficie con arreglo a determinadas instrucciones de densidad, o bien determinar el lugar en el que deben situarse los elementos, etc⁹⁸. La inclusión de la casualidad, según vimos al hablar de la historia del *computer graphic*, es una particularidad de muchos programas de estructuras estéticas. Georg Nees y F. Nake, entre los más destacados, la han usado repetidamente en sus trabajos. Ahora bien, aquella limitación del programador originada por el uso de los generadores de casualidad, es bastante relativa, ya que «la génesis técnica de la casualidad en el computador debe estar prevista en el programa, es decir, su repertorio tiene que contener secuencias de números casuales [...] y estar a disposición en el almacenador de la máquina computadora para los procedimientos de cálculo y algorítmicos»⁹⁹.

⁹⁴ «Notes on the programming of computer graphics», en *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*, op. cit., pág. 77.

⁹⁵ Según el Diccionario de la Real Academia Española, el término estocástico/ca [del griego *στοχαστικός*, hábil en conjeturar] significa perteneciente o relativo al azar.

⁹⁶ *Introducción a la estética teórico-informacional*, op. cit., pág. 111.

⁹⁷ La noción de «ruido» tiene gran importancia en la ingeniería de la comunicación y en toda la teoría de las comunicaciones. Ya Wiener, en 1948, se había ocupado del ruido al referirse a una de las principales aplicaciones de la cibernética, la fabricación de autómatas, del mismo modo que demostró la relación inversa entre información y ruido: en ausencia de ruido la información es infinita, acercándose ésta hasta 0 cuando el ruido aumenta en intensidad. Véase, *Cibernética*, op. cit., págs. 83 y 114. Para nuestro propósito, nos basta con la definición general propuesta por Moles: «Todo fenómeno que se produce con ocasión de una comunicación y que no pertenece al mensaje intencional emitido». El ruido está vinculado al grado de desorden relativo del universo (entropía) con respecto al grado de orden impuesto por la señal (entropía negativa o negentropía). Véase, *Teoría de la información y percepción estética*, op. cit., págs. 141-149.

⁹⁸ «El arte y el computador», en *Impulsos: arte y ordenador*, art. cit., pág. 19.

⁹⁹ *Introducción a la estética teórico-informacional*, op. cit., pág. 111.

Una vez que el ordenador recibe el programa elaborado por el programador experto, procesa los datos y los entrega en un lenguaje específico, *output*, que únicamente entienden dispositivos de salida como el *plotter*, la pantalla de imagen electrónica, etc.

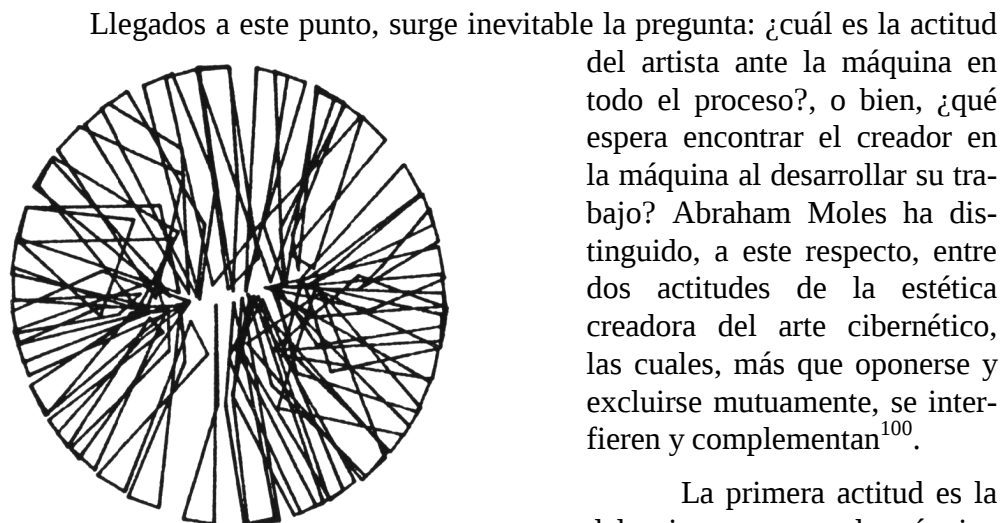


Fig. 3.20. *Solar*, de R. Mallary.

Llegados a este punto, surge inevitable la pregunta: ¿cuál es la actitud del artista ante la máquina en todo el proceso?, o bien, ¿qué espera encontrar el creador en la máquina al desarrollar su trabajo? Abraham Moles ha distinguido, a este respecto, entre dos actitudes de la estética creadora del arte cibernético, las cuales, más que oponerse y excluirse mutuamente, se interfieren y complementan¹⁰⁰.

La primera actitud es la del artista que ve en la máquina principalmente una herramienta o instrumento de trabajo que le

resulta de gran ayuda, dada su potente memoria y rapidez para procesar datos, en el desarrollo de su labor. La máquina desarrolla una idea de composición prevista en el programa estético. Fue la más frecuente entre los artistas participantes en el seminario de Generación Automática de Formas Plásticas del CCUM, siendo en este sentido Barbadillo uno de los más representativos¹⁰¹, si bien las declaraciones de los miembros del seminario corroborando esta actitud son profusas y están dispersas en numerosos artículos y publicaciones¹⁰².

Por la segunda actitud, la máquina asume un papel activo en la creación de la obra artística, es decir, dada su velocidad de operación y la extraordinaria capacidad de que está dotada para ofrecerle al artista combinaciones y resultados estéticos que éste no puede prever, interviene como un creador adicional, mostrando direcciones de trabajo y posibilidades insospechadas para el artista¹⁰³. Al mismo tiempo, mediante indicaciones efectuadas en el programa

¹⁰⁰ *Del arte objetual al arte de concepto*, op. cit., pág. 136.

¹⁰¹ BARBADILLO, M.: «El ordenador. Experiencias de un pintor con una herramienta nueva», en *Ordenadores en el arte*, op. cit., págs. 13-16.

¹⁰² Sirvan como muestra las palabras de García Camarero en el texto de presentación a la exposición *Formas computables* (CCUM, junio-julio de 1969), cuando afirma que una de las principales finalidades del seminario madrileño y de toda la investigación emprendida con la computadora para fines artísticos es «aumentar la capacidad creadora liberándola de la servidumbre condicionada por lo reiterativo y mecánico». En el siguiente capítulo se estudiarán algunos ejemplos ilustrativos de programas desarrollados en el CCUM, supeditados a esta actitud ante la computadora y con el propósito, o bien de satisfacer y dar cumplimiento a las precisas demandas de los artistas, o bien de ofrecer instrumentos útiles de ayuda general en el ejercicio de la labor creadora con el concurso de la máquina.

¹⁰³ Véase, «La computadora digital como medio creativo», en *Del arte objetual...*, op. cit., pág. 386.

estético, la máquina irá realizando una selección continuada de los resultados obtenidos, actuando de este modo como un filtro donde determinadas combinaciones y formas son aceptadas y otras, en cambio, rechazadas. Esta idea de filtro vendría a sustituir las tradicionales reglas de armonía, composición, etc., de que se vale el artista y que definen su estilo¹⁰⁴.

También en este caso resulta oportuno el ejemplo de Barbadillo, cuya obra, además, ilustra la interferencia y complementariedad entre ambas actitudes de que hemos hablado más arriba. El ordenador, de un lado, realiza tareas repetitivas y tediosas para el artista, facilitándole así su trabajo. Hay, en este sentido, una gigantesca diferencia entre dibujar a mano las combinaciones de forma y color, con sus correspondientes giros, entre dos módulos, y dejar a la máquina tan lenta y prolongada tarea, con la ventaja suplementaria de que al artista le sería muy difícil, por no decir imposible, dada la cantidad de tiempo que habría de invertir en ello, dibujar todas las permutaciones y variaciones posibles, mientras que la máquina sí puede hacerlo en una fracción temporal bastante pequeña. De otro lado, el artista, a medida que la computadora trabaja y va ofreciendo periódicamente los diferentes resultados permutacionales y de composición, encuentra hallazgos inesperados que a él no se le hubiesen ocurrido, pudiendo así seleccionarlos y almacenarlos en la memoria del ordenador a fin de utilizarlos posteriormente. La máquina, debido a las indicaciones efectuadas en el programa estético y que han sido traducidas en lenguaje informático por el programador experto, o incluso por el propio artista, caso de que éste conozca lenguaje simbólico de programación (circunstancia que, entre otros miembros del seminario de Madrid, se daba en Alexanco y, algo más tarde, en el propio Barbadillo), evitará determinadas combinaciones y acoplamientos formales no deseados por el artista, ganando así todo el proceso en tiempo y eficacia. La labor de filtro alcanzará toda su eficacia y productividad a medida que los criterios selectivos de discriminación del programa estético se vayan depurando y haciendo más precisos, esto es, comparando resultados, único modo de eliminar progresivamente aquellos criterios selectivos que no han ofrecido el resultado de composición apetecido. En esta tarea, lógicamente, el artista no dispone de otro método que el puramente intuitivo, que es el carácter intrínseco a la creación estética.

La conjunción de ambas actitudes en Barbadillo, queda meridianamente clara en el artículo antes mencionado:

Mi propósito es estudiar [...] la ayuda que el computador puede aportar a la solución de algunos de los problemas que el arte tiene actualmente planteados. Aunque presumo que la familiarización con el computador puede modificar el carácter de mi investigación, ésta versaría, en principio, sobre lo siguiente:

1. Sistematización y simplificación del proceso de obtención de combinaciones modulares.

¹⁰⁴ *Del arte objetual al arte de concepto*, op. cit., pág. 137.

2. Posibilidades del computador para orientar al autor respecto al sentido de su propia evolución, mediante el análisis de aquellas combinaciones que han sido consideradas válidas sin más criterio que la emoción estética (a causa del carácter intuitivo de la creación artística y puesto que, a veces, el hallazgo de nuevas combinaciones ha producido revelaciones que han servido de indicación hacia nuevos objetivos, mostrando *a posteriori* las características del proceso lógico).

3. Comparación de la estructura algebraica de las combinaciones aceptadas con la de las rechazadas, para buscar la existencia de alguna ley, que sospecho, y su programación.

[...] Los primeros trabajos por la máquina se pasaron a principios de año [1969]. Para entonces, el sistema modular de mis cuadros era ya bastante complejo [...] De requerírsele al ordenador la generación de todas las combinaciones posibles, sin ningún criterio de discriminación, su elaboración habría supuesto billones de horas de trabajo. Pero, aparte de esta consideración, tal clase de producción indiscriminada no era lo que se pretendía, sino precisamente hallar esos criterios, para descubrir significados al identificar las normas que han venido rigiendo el establecimiento de relaciones entre los elementos¹⁰⁵.

Otro aspecto capital de la estética cibernética ha sido la primacía concedida al *proceso* de elaboración de la obra en menoscabo de la consideración de ésta como realidad física material. En este sentido, son abundantes las opiniones que subrayan la superior importancia de la fase de ejecución del programa estético respecto al producto físico final, sea la obra dibujada con el *plotter* sobre una superficie o la imagen que se visualiza en una pantalla¹⁰⁶. La opinión de Nake no ofrece dudas al respecto: la tarea más importante es preci-

¹⁰⁵ «El ordenador. Experiencias de un pintor...», art. cit., págs. 13-15. La obra de Barbadillo, tanto por su peculiar alfabeto modular como por sus intrínsecas características operacionales y permutacionales, fue quizá la que más se tomó como referencia en el CCUM a la hora de diseñar programas que aliviasen la tarea del artista y de encontrar criterios selectivos discriminatorios. En ciertas ocasiones, como cuando Barbadillo propone en una de las sesiones de trabajo «encontrar un criterio que introducido en el ordenador seleccionase automáticamente las soluciones con un cierto grado de belleza o carga estética entre las millones de combinaciones a que daría lugar el empleo de un módulo agrupado consigo mismo un número determinado de veces variando solamente su orientación», se hicieron intentos específicos orientados a satisfacer demandas concretas. Es el caso del arquitecto José Miguel de la Prada Poole, quien para dar cumplimiento al referido requerimiento del pintor, redacta un proyecto cuyo objeto «es el de liberar al arte de las manipulaciones mecánicas intuitivas derivadas de un conocimiento más o menos profundo de la forma y de las reglas del diseño, para que el artista invierta todo su tiempo única y exclusivamente en la labor de creación». Véase, PRADA POOLE, J. M.: «Proposición para la obtención de un criterio de selección en la obra pictórica combinatoria», en *Ordenadores en el arte*, op. cit., págs. 70-74.

¹⁰⁶ Digamos aquí entre paréntesis que también se han vertido opiniones distintas acerca del mayor o menor interés estético que presentan las diferentes clases de objetos artísticos cibernéticos materiales. Para algunos críticos, como es el caso de Marchán, el tipo de obras como las imágenes que se proyectan en una pantalla electrónica de rayos catódicos u otras similares, son más consecuentes con los presupuestos de que parte la estética cibernética que las dibujadas en una superficie bidimensional; en éstas últimas «el computador no ha alterado ningún presupuesto artístico ni formativo. Ha sido un mero instrumento para ayudar al pintor. Una contradicción lamentable es la utilización de este instrumento con una mentalidad tradicional, anticibernética y refugiada en mitos irracionalistas». Véase, *Del arte objetivo al arte de concepto*, op. cit., pág. 132.

samente la de elaboración del programa¹⁰⁷. Lo esencial en los objetos de arte del computador, afirma por su parte Franke, «no es la automatización de la fase de producción, sino la de la fase conceptual, la fase creativa de la obra de arte»¹⁰⁸. En esta misma línea, Moles ha subrayado que «el arte es ante todo la creación de una *idea*, en el sentido de *eidos*»¹⁰⁹. En el futuro, piensa este teórico, «más que la obra concreta lo importante será la idea o disposición dada». El nuevo artista del futuro será, por tanto, «el autor de ideas para hacer obras de arte». Esas ideas son complejos de los que se sirve el ordenador electrónico y, al constituir éste el nuevo e irrenunciable camino del arte, el «contacto con los elementos materiales casi desaparecerá. No creo que el arte desaparezca, pero sí la obra de arte en el sentido tradicional»¹¹⁰. El producto artístico, en definitiva, es entendido fundamentalmente como idea, como concepto¹¹¹.

Frente al énfasis puesto en el carácter primordialmente procesual y conceptual de la obra, la estética del arte cibernético, por el contrario, ha descuidado de modo consciente y ha restado importancia a la cuestión del significado, en beneficio del aspecto puramente *estético* de la información. Georg Nees, por ejemplo, tras establecer en su libro *Generative Computergrafik* (1969) la íntima relación existente entre la gráfica de ordenador y la estética de la información, afirma que ésta «no se interesa en primer término por el significado que posea la información que investiga, sino por la estructura que tiene esta información como un sistema de signos», para añadir lo siguiente en otro lugar del mismo texto clásico: «El esteta no se interesa en primer lugar por la significación de la información, sino por cómo está constituida como un sistema de signos»¹¹². Ambas informaciones, sin embargo, son para Nees necesarias:

¹⁰⁷ Véase, «Notes on the programming of computer graphics», en *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*, op. cit., pág. 77. De la misma opinión es Moles, para quien la preeminencia de todo el proceso de creación del producto debe corresponder al programa estético y a la fase conceptual. Véase, MOLES, A.: «L'art à l'ordinateur: vers où?», en el catálogo de la exposición *Art et ordinateur*, Burdeos, 1973.

¹⁰⁸ «El arte y el computador», en *Impulsos: arte y ordenador*, op. cit., pág. 16.

¹⁰⁹ Citado en *Del arte objetual al arte de concepto*, op. cit., pág. 137.

¹¹⁰ Véase la entrevista realizada por Ignacio Gómez de Liaño a Abraham Moles en el diario *Madrid* del 15 de enero de 1970. En ella puede leerse también: «El esteta de hoy es un científico que construye leyes susceptibles de aplicación [...] Básicamente no hay diferencias entre la creatividad científica (*créativité scientifique*) y la artística (*créativité artistique*)». Repárese en que el término 'creatividad' es empleado deliberadamente por Moles y otros teóricos de la época frente al término 'creación'. Es también, por ejemplo, el caso de Pierre Demarne, consejero científico de IBM en Francia a principios de los setenta. A este respecto, véase, MASRIERA, M.: «La escuela francesa». Barcelona, diario *La Vanguardia*, 1-5-1970.

¹¹¹ Sin duda es esta una de las principales razones de aceptación del *computer art* entre algunos teóricos no directamente vinculados con la tendencia, caso entre nosotros de Vicente Aguilera Cerní, quien aun dejando entrever que en este tipo de experiencias científicas pudo existir una cierta concesión a la moda del momento (finales de los sesenta y principios de los setenta), les reconoce validez precisamente porque se alejan de la concepción tradicional del arte como producto acabado y definido. Véase, «Notas sobre Antes del Arte», en *Antes del Arte*, op. cit., pág. 26.

¹¹² Ambas citas en *Del arte objetual al arte de concepto*, op. cit., págs. 134 y 138.

La estética informática que ha sido desarrollada por Max Bense y sus discípulos, así como por Abraham A. Moles, nos ha hecho sensibles a la diferencia entre información semántica y estética. La información semántica significa algo así como el peso de un ser humano, el diseño de una pieza mecánica o el contenido de una novela. La información estética, por el contrario, no significa nada, puesto que la forma de los delfines es sencillamente hermosa y el que sea apropiada para las corrientes tiene que ver con la semántica y no con la estética. El dominio de las formas estéticas es inmedible, el estado de las formas que tienen una significación utilitaria es limitado. Los delfines son síntesis de una información estética y de una información semántica; así, aspiradoras y delfines se diferencian entre sí en que los delfines son el producto de una función biológica y las aspiradoras son el producto de una evolución sociológica. Ningún delfín es exactamente igual a otro y ningún aspirador recibe del diseñador el mismo número y forma que el otro. Esta variabilidad se puede representar por medio de un modelo. Las computadoras varían unas formas permitiendo, dentro de límites fijos y mediante generadores de azar, dirigir medidas de formas¹¹³.

Lejaren A. Hiller, al que ya nos hemos referido como autor de la primera composición musical creada con la ayuda de la computadora, también asegura que «la teoría de la información trata más de la fiabilidad de los sistemas de comunicación que de los problemas del significado [...] El significado de la música depende muy especialmente de su propia estructura en cuanto tal»¹¹⁴. Moles, por su parte, en continuidad con la estética morrisiana, es igualmente explícito: «El arte permutacional descubre el *signo sin significación* y propone una nueva significación del ser artístico totalmente abstracta, la de un *código de reglas*»¹¹⁵. En general, pues, los artistas que utilizan el computador se interesan más por la *información estética* del objeto, opuesta en la terminología de Moles a la *información semántica*, transportadora de significados¹¹⁶.

3.5. Perspectiva crítica del arte del computador.

Mientras los gráficos de ordenador permanecieron circunscritos al reducido ámbito de los centros de investigación de las grandes corporaciones y de algunas universidades, hallándose por tanto su difusión muy limitada (si

¹¹³ Texto reproducido en el catálogo de la exposición *Generación automática de formas plásticas*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, junio de 1970.

¹¹⁴ HILLER, L. A.: «Música y computadoras», en *Informática y Música*, Madrid, Fundación Citema, 1976, pág. 14.

¹¹⁵ Citado en *Del arte objetual al arte de concepto*, op. cit., págs. 137-138.

¹¹⁶ La *información semántica* presenta un carácter puramente utilitario y lógico, adhiriéndose al acto y a la significación. Se expresa en símbolos, es traducible y conmutable de un canal a otro. La *información estética*, en cambio, no se refiere a un repertorio universal, sino al repertorio de conocimientos comunes a emisor y receptor. Determina estados interiores intraducibles y sólo aproximadamente es transportable. Véase, *Teoría de la información y percepción estética*, op. cit., págs. 216-226. Una acertada síntesis de la problemática del significado en la obra de arte en relación con la teoría y la estética de la información, puede leerse en ECO, U.: «Necesidad y posibilidad en las estructuras musicales», en *La definición del arte*. Barcelona, Martínez Roca, 1983, especialmente las págs. 179-186.

exceptuamos las escasas y aisladas exposiciones celebradas hasta la muestra de Londres de 1968), los principales agentes de la institución arte (artistas, críticos y galeristas) mantuvieron un mutismo casi absoluto sobre las nuevas experiencias, entre otras razones porque desconocían su existencia. *Cybernetic Serendipity*, cuya repercusión fue bastante considerable en los círculos neovanguardistas del momento, supuso el pistoletazo de salida de un vaivén de críticas contra los nuevos comportamientos artísticos, avalancha que no haría sino crecer en los años sucesivos y que alcanzaría su máxima virulencia, al menos en lo que a España se refiere, en los primeros años setenta. La gran exposición londinense también fue criticada por algunos artistas pertenecientes a la estética del computador, aunque por motivos muy distintos, como cuando Yturralde, aun reconociendo el enorme despliegue de medios utilizados y la información suministrada al público, pone en cuestión su grado de originalidad¹¹⁷ y se refiere en términos muy críticos a su carácter galerístico y de propaganda, actitud esta última, por otro lado, propia de unos años en los que el mundo del mercado de arte y la relación de éste con intereses declaradamente económicos y de promoción publicitaria se contemplaba con bastante recelo. Para el creador conquense, por el contrario, había que tomar ejemplo de las muestras organizadas por el CCUM, caso de *Formas computables* y *Generación automática de formas plásticas*, más rigurosas y mejor planteadas desde el punto de vista del método¹¹⁸.

Al principio, las críticas, muy simples e ingenuas, eran el resultado de una completa ignorancia del mundo de los ordenadores y sus potencialidades. Prueba de ello es, de un lado, la equívoca creencia de que la máquina puede llegar a usurpar la capacidad creadora del hombre y, de otro, la infundada pregunta que muchos se hacían (y no sólo parte del gran público sino incluso los llamados «expertos» en arte) sobre si una computadora podía ser capaz de crear una obra de arte¹¹⁹. En ellas se escondía un desconocimiento del modo de trabajar de la máquina, la cual sólo ejecuta las instrucciones contenidas en el programa estético y en el programa de máquinas, diseñados, evidentemente, por sujetos humanos. Es decir, que el poder creador sigue estando en el pen-

¹¹⁷ «La mayor parte de la obra expuesta, como resultado final, considero que no está a la altura de los medios y elementos que se han empleado. Se ha evidenciado la “habilidad” y precisión de la máquina, la fascinación de los elementos mecánicos en movimiento, y, en fin, las posibilidades enormes de las nuevas técnicas y la necesidad de una mayor relación entre los científicos y diseñadores plásticos. Creo también que se ha evidenciado la falta de preparación en muchos órdenes de algunos realizadores estéticos que se han limitado a repetir y desarrollar esquemas, fenómenos visuales y de comportamiento muy hechos y que no justificaban un aparato tecnológico de esa categoría, presentándonos en muchos casos puros juegos de azar, intuiciones, formas perfectamente realizadas por la máquina con muy poco o ningún contenido e “intención”. YTURRALDE, J. M^a: «Computer art», en *Ordenadores en el arte*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 75-76.

¹¹⁸ Véase, MASRIERA, M.: «La creación con ordenadores. Arte y sintaxis». Barcelona, diario *La Vanguardia*, 22 de mayo de 1970.

¹¹⁹ Ambas actitudes no eran tampoco exclusivas del universo de la plástica. Ya en diciembre de 1959, Lejaren A. Hiller llamaba la atención acerca de la mezcla de «incredulidad» e «indignación» provocadas por el uso de la computadora con fines artísticos. Véase, «Música y computadoras», en *Informática y Música*, op. cit., pág. 13.

samiento del hombre y, por tanto, no existe ningún peligro en que la máquina usurpe la capacidad creadora del artista¹²⁰. La computadora, antes que cualquier otra cosa, es una poderosa herramienta, un instrumento de trabajo puesto por la técnica al servicio del artista. Florentino Briones comentaba al respecto:

Nadie duda hoy en día que las calculadoras son un poderoso instrumento, necesario en toda investigación científica. Pero al hablar de arte, la cosa no parece estar tan clara.

¿Puede una calculadora crear una obra de arte?, es la pregunta que muchos se hacen. Algunos la contestan con una sonrisa más o menos irónica, que implica un convencimiento interno, no muy razonado en general, totalmente negativo. Otros tienen la horrible «sospecha» de que la respuesta es «sí» y se rebelan y atacan a los que trabajan en el tema.

Sin embargo, la pregunta no está bien formulada. En el campo científico no se pregunta si puede una calculadora realizar un descubrimiento que la haga merecedora de un Premio Nobel. Se pregunta simplemente si la calculadora puede ayudar a realizarlo. En el campo del arte la pregunta debería ser análoga. ¿Puede una computadora ser útil al artista en algún momento del proceso creativo? Más aún, quizás la duda pueda plantearse no tanto a nivel de posibilidad como a nivel de efectividad: ¿pueden realmente convertirse los ordenadores en instrumentos eficaces en manos del artista?¹²¹

Parecida a la opinión de Briones era a principios de los setenta la de Pierre Demarne, consejero científico de IBM Francia al que ya nos hemos referido y que tuvo una estrecha relación, como tendremos ocasión de comprobar en el siguiente capítulo, con los responsables del CCUM. Para Demarne, la creación por ordenador es posible y no resulta radicalmente diferente de la creación humana. Ahora bien, no se trata de que la máquina sea ella sola la creadora, ya que sólo puede funcionar desarrollando un programa previamente elaborado por la inteligencia humana, pero sí es verdad que pone al individuo en una situación y ante unas posibilidades que le permiten ejercer unas facultades creadoras difícilmente factibles sin su concurso; mejor dicho, para Demarne, la máquina es un «suplemento de inspiración». Si tenemos en cuenta que la mayor parte de los pensadores modernos, continúa argumentando Demarne, admiten que la creación humana puede definirse como una nueva o inesperada combinación de elementos preexistentes, es necesario ampliar el concepto que se tiene de los ordenadores como de máquinas rápidas y seguras para efectuar cálculos rápidos y complejos. Ahora es el momento, concluye Demarne, de tener en cuenta la cooperación que el ordenador puede ofrecer en vastos dominios de la actividad humana, entre ellos el de la creación artística,

¹²⁰ Véase, SEGUÍ DE LA RIVA, F.J.: «Arte e informática», en *Arte e informática*, op. cit., pág. 5.

¹²¹ BRIONES MARTÍNEZ, F.: «Generación automática de formas plásticas», en el catálogo de la exposición *Formas computadas*. Los mismos párrafos que hemos reproducido, aunque con ligeras alteraciones que no afectan al contenido, aparecen en BRIONES MARTÍNEZ, F.: «¿Puede una calculadora crear una obra de arte? Generación automática de formas plásticas por medio de ordenadores», en *Obras. Revista de construcción* n° 118, Madrid, 1973, pág. 40.

y a todas aquellas personas interesadas en la renovación de los modos tradicionales¹²².

En ocasiones, las críticas, bien es verdad que sin ánimo destructivo alguno, procedían de los mismos artistas participantes en los grupos de trabajo interdisciplinarios¹²³, como cuando Sempere manifiesta en más de una reunión del seminario madrileño una actitud escéptica e irónica ante la estrecha relación que otros ardorosamente defendían entre el arte, la ciencia y las máquinas, preguntándose, por el contrario, si efectivamente pueden coexistir ambas disciplinas humanas y si es factible diseñar máquinas que puedan aprovechar la intención oculta y la intuición del artista¹²⁴. En este sentido, debe tenerse en cuenta que los grupos de trabajo interdisciplinarios que operaban entonces se caracterizaban muchas veces por la heterogeneidad de sus miembros, siendo frecuente la diversidad de pareceres ante los desafíos y problemas que el uso de las nuevas tecnologías planteaban a la actividad artística, traducidos a veces en una penetrante reflexión crítica acerca de los resultados obtenidos y del rendimiento que se estaba ofreciendo del diálogo entre el arte y la ciencia. El propio García Camarero, auténtico impulsor del seminario madrileño, mantuvo siempre ante la técnica y su avance imparable un saludable distanciamiento crítico, que se refleja en su plena toma de conciencia del lado oscuro de aquella y de la responsabilidad que tiene contraída ante algunos de los males que padece la humanidad. De ahí que advierta sobre el grado de responsabilidad de semejante lógica en la pérdida de confianza de muchos hombres en el desarrollo técnico. Tampoco es idílico el escenario en el que se desenvuelve el arte, circunstancia que, unida a la anterior, también a él le lleva a preguntarse con un matiz de escepticismo acerca de la viabilidad de mantener un diálogo fructífero entre el arte y la ciencia:

El arte actual es principalmente un arte de grupo, de elite, de clase. Es un instrumento más de la dominación de una clase por otra. El arte facilita la alienación, la atomización y la desconexión de los problemas. El arte, con su falsa sublimación, distrae y oculta los motivos de los enormes problemas que sufre la humanidad. El arte, en el mejor de los casos, es simplemente un elemento decorativo de la burguesía o el sosiego de su conciencia. Por eso, en el formalismo-informalismo del arte predomina la fría sintaxis frente a la cualidad semántica que puede significar un compromiso. Por eso, asistimos a la sustitución del arte popular por un arte de masas en el que se reemplaza la libre expresión de los hombres por la aceptación de modos impuestos. Ante la tensión de la contradicción arte-antiarte, téc-

¹²² Véase, CALVO HERNANDO, M.: «Máquinas que pintan y componen música». Madrid, diario *Ya*, abril 1970.

¹²³ Las opiniones críticas que suscitó la experiencia del CCUM, tanto desde dentro como desde fuera del mismo, serán objeto de un apartado específico en el siguiente capítulo. Aquí me limito a esbozar determinados juicios de algunos miembros del seminario madrileño en relación general con la resistencia de la institución arte al uso de la computadora con fines estéticos.

¹²⁴ Véase, *Boletín del CCUM*, n° 16, julio 1971, págs. 58-59.

nica-antitécnica, nos preguntamos si es posible la conjunción arte-técnica¹²⁵.

El escepticismo de García Camarero, sin embargo, está más próximo a la higiene mental del discurso que a lo que pudiera erróneamente interpretarse como una renuncia. A pesar de las dificultades que sin duda hay en conjugar el binomio arte-técnica, a pesar de que «la algoritmización de la creatividad puede ser percibida como la búsqueda de un imposible», a pesar de la «rareza de resultados de una cierta envergadura» que se detecta en las obras realizadas con la computadora, el matemático reconoce que el principal obstáculo para que la conjunción se produzca y el arte cibernético sea un vehículo de creatividad, no debe buscarse en el ordenador, cuyos inéditos canales de intercomunicación abren más que cierran nuevas formas artísticas, sino en el modo como «un arte muerto de museo» ha deformado toda esta problemática, en el empeño de algunos artistas en asignarle a la máquina «propiedades mágicas» y estar únicamente preocupados en «promover su nombre en la bolsa del arte»¹²⁶. Pero lo que más llama la atención en las palabras de García Camarero es la expresa reivindicación que hace, frente a la «fría sintaxis», de la dimensión semántica del objeto artístico, un aspecto que, por no haber sido suficientemente atendido en la estética del arte cibernético iba a concitar las críticas más furibundas de sus detractores más contumaces.

Otros participantes en las sesiones de trabajo del seminario madrileño, caso de Javier Seguí de la Riva, criticaban, en cambio, la infrautilización que se hacía del ordenador, reducido por algunos a un mero útil, cuando su interés consiste ante todo en las estructuras sintácticas y de composición que puede revelar al artista, en consonancia con la segunda actitud ante la estética del computador que hemos considerado en el apartado anterior: «Si el arte está en la ejecución del ‘apunte’ del ordenador, entonces el ordenador no significa artísticamente nada. Si está, aunque sólo sea en parte, en las estructuras que el ordenador puede revelar, entonces no se está haciendo buen uso ni de la herramienta ni de sus posibilidades»¹²⁷.

En cuanto a las críticas llevadas a cabo por miembros de la institución arte que no pertenecen ni directa ni indirectamente al movimiento del *computer art*, van encauzadas tanto contra la estética de la información como contra determinados aspectos de las obras computadas en su conjunto.

La mayoría de las críticas antiformalistas de que ha sido objeto la estética de la información, se dirigen hacia lo que consideran elemento ilusorio de la matematización de la estética: creer que la función estética del mensaje está toda a nivel de la forma de expresión¹²⁸. Para Corrado Maltese, ha resumido

¹²⁵ GARCÍA CAMARERO, E.: «L'art cybernétique», en el catálogo de la muestra *Art et ordinateur*, Burdeos, 1973.

¹²⁶ *Ibidem*.

¹²⁷ Boletín del CCUM, n° 16, julio 1971, pág. 56.

¹²⁸ Véase, *El lenguaje del arte*, op. cit., págs. 97-98.

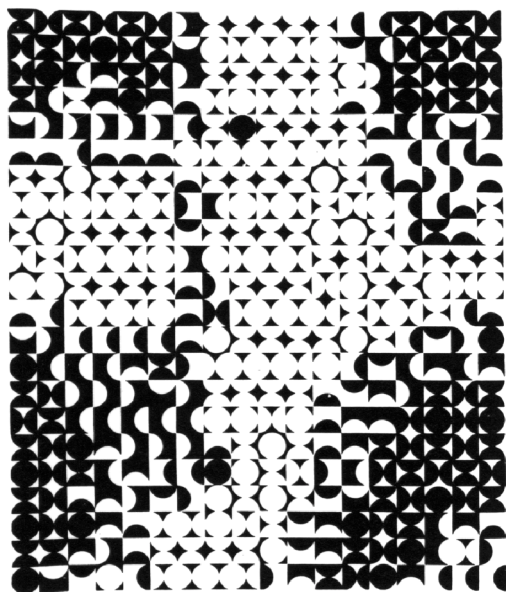
Calabrese, «una información estética en el sentido de Moles no puede ser sino lenguaje vacío. Un mensaje estético que se remite sólo a sí mismo no produciría otra cosa que reflexión en términos de identidad o una contemplación inmóvil de la no repetibilidad»¹²⁹. Rudolf Arnheim, por su parte, percibe una contradicción en todas las aplicaciones de la estética de la información a la actividad estética: mientras que por un lado se dice que la máxima información corresponde a la máxima imprevisibilidad, por otro se dice que la máxima información corresponde al mínimo de entropía, esto es, al mínimo de desorden y a la máxima previsibilidad. Para Arnheim, el arte escapa a cualquier intento de previsión y de regulación «exacta»¹³⁰. Otro teórico italiano, Dino Formaggio, entiende que la debilidad de la estética tecnológica estribaría en que pretende ofrecer un análisis científico y matemático de la obra de arte sin haber conseguido desembarazarse por completo de las categorías esteticistas tradicionales. La estética científica bensiiana continuaría, así, todavía aferrada a una concepción del arte como producción «estética», es decir, el arte sería una actividad cuya finalidad residiría en lo estético y en la creación de belleza (por mucho que la belleza tenga necesariamente que fundamentarse en la materialidad del objeto y en el repertorio material de elementos que constituyen la obra), cuando se da la circunstancia de que la experiencia artística contemporánea se caracteriza por su autonomía productiva y por haberse emancipado de la belleza como finalidad del objeto artístico. La estética tecnológica no es más que «un ideal de tipo positivista que todavía sigue creyendo que la resolución científica de los acontecimientos significa su expresión cuantitativa en números y cálculos matemáticos»¹³¹. La conclusión de Formaggio es que «la teoría del arte de Max Bense ni tiene ni puede tener la validez de una teoría general de la experiencia artística por cuanto en ella se presenta una reducción matematista de tal experiencia»¹³².

¹²⁹ *Ibíd.*, pág. 99.

¹³⁰ *Ibíd.*, pág. 103. Umberto Eco coincide también en que, desde la perspectiva de Norbert Wiener y de quienes utilizan la teoría de la información como soporte de un estudio cibernético, «se tiende a ver la información como cantidad mensurable de significado y, por lo tanto, como algo directamente proporcional al orden de que está dotado un mensaje». Véase, «Necesidad y posibilidad en las estructuras musicales», en *La definición del arte*, op. cit., pág. 180.

¹³¹ Véase, *Arte*, op. cit., págs. 224-225. La misma idea, aunque referida a las obras computadas, en Marchán: «La reducción comunicativa a informaciones cuánticas, numéricas, remite en estas obras a un reflejo de la *imagen fiscalista* del neopositivismo y su pretensión de reducir el mundo a una sola dimensión: la de la extensión y de las relaciones cuantitativas». *Del arte objetual al arte de concepto*, op. cit., pág. 138.

¹³² *Arte*, op. cit., pág. 226. En opinión de Ignacio Gómez de Liaño «la estética científica es una de las búsquedas más apasionantes de la ciencia actual, pero sostengo la convicción de que sus formulaciones no son capaces de agotar el fenómeno artístico». Ver diario *Madrid*, 15-1-1970, pág. 20.



La estructura básica se diseñó con la ayuda de un programa informático que distribuye los elementos del cuadro sobre una cuadrícula y expresa la concepción pictórica en un tipo determinado de anotación. El gráfico final se hace en una segunda fase producido manualmente y basado en este modelo.

Fig. 3.21. *Computer graphic*, por Zdenek Sýkora.

Por lo que atañe a los productos artísticos cibernéticos en concreto, la institución arte ha dirigido principalmente sus críticas contra lo que considera un evidente descuido de las dimensiones semántica y pragmática del objeto artístico en beneficio de la puramente sintáctica. Marchán ha señalado que a pesar de que los defensores a ultranza de este tipo de obras piensen que precisamente por la utilización de códigos débiles se refuerzan las posibilidades de traducción semántica del objeto, esto exigiría que la sociedad fuese capaz de proyectar en ellos aquellas posibilidades, cosa que en realidad no ocurre. Por eso añade que «el escepticismo semántico y pragmático ante este modelo [de arte tecnológico] es similar al que asomaba en la concepción utópica de la vanguardia desde Malevich o Mondrian. Su creencia de que la sociedad está en condiciones de comprender o asimilar este arte sintáctico y sus esperanzas puestas en el espectador han fallado hasta hoy»¹³³. Sin embargo, frente a esta última opinión, hay autores que interpretan de otro modo el propósito de la vanguardia, en el sentido de que su preocupación no radica en el contenido de las obras y su significado, sino en el funcionamiento del arte en la sociedad: «Cuando los vanguardistas plantean la exigencia de que el arte vuelva a ser práctico [esto es: devolver el arte a la praxis vital], no quieren decir que el contenido de las obras sea socialmente significativo. La exigencia no se refiere al contenido de las obras; va dirigida contra el funcionamiento del arte en la sociedad, que decide tanto sobre el efecto de la obra como sobre su particular contenido»¹³⁴.

¹³³ Del arte objetual al arte de concepto, op. cit., pág. 149.

lar contenido»¹³⁴. La opinión de Marchán también ha sido expresamente contestada por Barbadillo en una reciente mesa redonda en la que, junto a su creencia de que no puede afirmarse que el propósito utópico de la vanguardia histórica haya fracasado —según lo revelan muchas de las nuevas formas sociales directa o indirectamente inspiradas en los movimientos artísticos contemporáneos—, manifiesta su rechazo ante la triple división que proponen ciertos críticos entre la dimensión sintáctica, semántica y pragmática del objeto artístico:

Para mí esa escisión, esa división de la comunicación artística en estas tres categorías no tiene sentido. En primer lugar, porque la pintura es un arte plástico, un arte visual. En un cuadro puede haber una anécdota, puede comunicarse algo a través de la mente o por medio de la literatura, pero el arte, la pintura, cuando es arte lo es por sus valores plásticos, aunque exista en el cuadro una historia, aunque tenga una anécdota y se cuente una historia de forma literaria. Yo creo que el arte es una comunicación de sensibilidad a sensibilidad, y que la comprensión del contenido de una obra de arte se realiza en el subconsciente de la persona, esto es, se manifiesta como una emoción, que es la emoción estética, aunque luego los historiadores la expliquen por medio de palabras. Pero el arte no se origina en la mente, sino en el subconsciente del creador —probablemente porque capta emisiones que pertenecen a la colectividad, o al cosmos, o a quien sea—, el cual lo manifiesta por medio de la sensibilidad, ordenando, combinando, arreglando, componiendo o descomponiendo, o como quiera que sea, pero en el caso de la pintura por medio de un lenguaje absolutamente plástico. Luego, el cuadro puede ser figurativo, porque hay pintores que necesitan apoyarse en un motivo figurativo para expresar esta otra dimensión del arte, pero eso es secundario. Para mí la comunicación pragmática no es comunicación artística. Y en cuanto a la división entre dimensión semántica y sintáctica, me parece que es otro tanto de lo mismo. Esa pregunta se hace en lo referente al arte tecnológico, pero podría aplicarse a todo el arte o a toda la pintura. Lo que ocurre es que el contenido del cuadro no lo porta cada uno de los elementos formales que constituyen el cuadro, sino las relaciones entre ellos, la sintaxis; y ésta es la dimensión sintáctica y semántica simultáneamente¹³⁵.

¹³⁴ BÜRGER, P.: *Teoría de la vanguardia*. Barcelona, Península, 1987, pág. 103.

¹³⁵ CASTAÑOS ALÉS, E. (moderador y transcripción): «Mesa redonda sobre la obra de Manuel Barbadillo», en *Boletín de Arte* de la Universidad de Málaga, n° 17, op. cit., pág. 458.

El seminario de Generación Automática de Formas Plásticas

4.1. El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid.

El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid (CCUM) fue creado formalmente el 13 de enero de 1966 como resultado de un acuerdo entre esta Universidad¹ e IBM, S.A.E., estando regido en el momento de su constitución por un Patronato presidido por el Rector y del que formaban parte 16 vocales, y por un Comité Ejecutivo integrado por un Presidente y 8 vocales².

¹ Nos referimos a la que después sería llamada Universidad Complutense. Véase, GARCÍA CAMARERO, E.: «La pintura informática en la Universidad Complutense», en *Patrimonio artístico de la Universidad de Madrid*. Madrid, 1989, págs. 56-64.

² Los vocales del Patronato eran los siguientes: Secretario General Técnico del Ministerio de Educación y Ciencia; Presidente del Instituto Politécnico Superior; Vicerrector de la Universidad de Madrid; Decano de la Facultad de Filosofía y Letras; Decano de la Facultad de Ciencias; Decano de la Facultad de Derecho; Decano de la Facultad de Medicina; Decano de la Facultad de Farmacia; Decano de la Facul-

La cúpula del Centro estaba formada por un director, un subdirector y un coordinador de IBM. Como director del Centro fue nombrado Florentino Briones Martínez, matemático que había colaborado con la Junta de Energía Nuclear, ampliando posteriormente sus estudios en Ispra (localidad italiana, en la Lombardía, con un destacado centro de investigación nuclear) y Suiza. El profesor Silvio Ceccato, del Centro de Cibernética de Milán, refiere que cuando conoció a Florentino Briones en Madrid en junio de 1969, adonde había acudido invitado por el Centro de Cálculo para dictar una conferencia con motivo de la clausura del seminario de Generación Automática de Formas Plásticas que había estado funcionando durante el curso 1968-69, la impresión que le causó el director del CCUM fue la de una persona con «liberalidad de miras, con un aspecto o *animus* no académico, no conservativamente académico»³. Distinta, sin embargo, es la opinión de uno de los participantes en el seminario, Tomás García Asensio, quien atribuye a Briones una dirección excesivamente académica del seminario, del que se hizo cargo a partir del curso 1970-71. Las últimas reuniones de este curso, dice García Asensio, «eran una especie de clases donde los miembros del seminario parecían alumnos que atendían al profesor, personificado por Briones», si bien manifiesta a renglón seguido, en descargo del director del Centro, que «uno de los motivos de esa derivación escolar de las reuniones, aparte del abandono de personas que con anterioridad trabajaron con entusiasmo, fue el convencimiento de Briones de que mientras los artistas no supieran programar y tuvieran que depender de otros programadores, el experimento sería un fracaso». Un último rasgo del director del Centro, según García Asensio, es que solía descender a cuestiones de detalle, haciendo suyos, por ejemplo, algunos proyectos individuales de los artistas, como corrobora su decidida entrega a desarrollar el programa que necesitaba Manuel Barbadillo⁴.

tad de Veterinaria; Decano de la Facultad de Ciencias Políticas, Económicas y Comerciales; Director del Instituto de Electricidad y Automática; Catedrático, Profesor de Cálculo Numérico de la Facultad de Ciencias; Director de la Escuela de Estadística de la Universidad; Presidente de la Junta de Energía Nuclear; Catedrático de Econometría de la Facultad de Ciencias Políticas, Económicas y Comerciales; Presidente Director General de IBM, S.A.E. Por su parte, el Comité Ejecutivo tenía como Presidente al del Instituto Politécnico Superior, siendo los vocales los ocho siguientes: Vicerrector de la Universidad de Madrid; Decano de la Facultad de Ciencias; Decano de la Facultad de Ciencias Políticas, Económicas y Comerciales; Director del Instituto de Electricidad y Automática; Director de la Escuela de Estadística de la Universidad; Catedrático, Profesor de Cálculo Numérico de la Facultad de Ciencias; Catedrático de Econometría de la Facultad de Ciencias Políticas, Económicas y Comerciales; Presidente Director General de IBM, S.A.E. Para los datos relativos a la constitución orgánica y esquema organizativo del Centro, véase, *El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, s.f. [la fecha de publicación de este cuadernillo informativo debe corresponder al segundo semestre de 1969]. Casi una copia del anterior es el artículo «Visita estudio al CCUM», *Clave*, Madrid, diciembre 1970, págs. 54-59.

³ Declaración recogida en la citada entrevista que Ignacio Gómez de Liaño le hizo a Ceccato y que apareció publicada en el diario *Madrid* del 2-7-1969.

⁴ Sobre las opiniones del citado participante en el seminario, véase, GARCÍA ASENSIO, T.: «Aproximación a un intento de informatizar la plástica». Trabajo inédito presentado para el curso monográfico de doctorado *Concepto, estructura y posibilidades de un museo moderno*, dirigido en la Universidad Complutense de Madrid por el Dr. Luis Alonso Fernández durante el curso 1985-86.

Como subdirector fue nombrado Ernesto García Camarero, también matemático, colaborador del eminente matemático Julio Rey Pastor, y que cursó estudios, además de en España, en Italia, Francia y Reino Unido. A él se debe la organización del Instituto de Cálculo de la Universidad de Buenos Aires (Argentina) y la del Departamento de Matemáticas de la Universidad de Asunción (Paraguay). Profesor de Teoría de Automatas y Lenguajes Formales

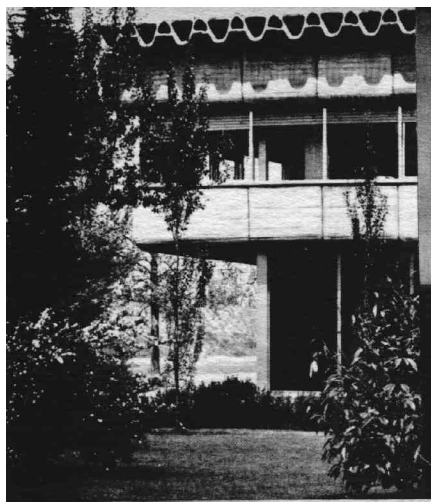


Fig. 4.1. Vista parcial del CCUM.

de la Facultad de Matemáticas de la Universidad Complutense, García Camarero, como veremos, fue el verdadero artífice de la creación del seminario de Generación Automática de Formas Plásticas y su director durante los dos primeros cursos de funcionamiento, 1968-69 y 1969-70⁵. Dotado de una especial capacidad para desarrollar un programa informático de orden estético, así como con ideas muy claras acerca de los problemas formales y espaciales que

encierra la obra artística, García Camarero, a diferencia de Briones, nunca descendió a cuestiones de detalle en relación con las demandas planteadas por los artistas participantes en el seminario⁶.

El coordinador y hombre de confianza de IBM en el CCUM era Mario Fernández Barberá, quien, según hemos señalado en la Introducción, desempeñaba por entonces funciones ejecutivas en la división madrileña de IBM. Cualificado técnico en informática, Mario Barberá era ya por entonces un atento observador del panorama de la plástica contemporánea, de la que solía disfrutar como simple aficionado guiado por un exquisito gusto estético. Poseedor de una apreciable colección individual, entre las piezas que ha ido atesorando destaca por su rareza un conjunto de obras reunidas bajo el nombre de «Huevos de grandes maestros», en realidad huevos de avestruz pintados y

⁵ Este juicio se desprende de la consulta de la documentación disponible. Las opiniones de los principales artistas participantes en la experiencia varían sustancialmente en este punto. Mientras que Barbadiello ha sostenido en reiteradas ocasiones, y así me lo ha confesado más de una vez, el papel determinante de García Camarero en la creación del seminario, José Luis Alexanco, en una carta que me escribió en julio de 1999, considera a Mario Barberá como «el verdadero motor de los seminarios» que se crearon en el CCUM. Para los datos biográficos de García Camarero, véase, ANÓNIMO: «'Computer art'», *Triunfo*, Madrid, 27 de junio de 1970. A partir del curso 1970-71, García Camarero se desentendió notoriamente de la marcha del seminario. En la primavera de 1973, cuando Florentino Briones dejó el Centro de Cálculo, García Camarero lo sustituyó en la dirección.

⁶ Véase, GARCÍA ASENSIO, T.: «Aproximación a un intento de informatizar la plástica», op. cit.

decorados por artistas de renombre, entre ellos Joan Miró. El papel de Barberá dentro del seminario fue sobre todo el de activo animador, propiciando, entre otras cosas, el difícil adiestramiento informático de los artistas, tarea en la que no tuvo mucho éxito y, según García Asensio, no precisamente por responsabilidad suya⁷.

El Centro, surgido en un tiempo en el que apenas estaba desarrollada la informática en nuestro país⁸, con escasa presencia todavía en la banca, grandes empresas privadas y centros administrativos públicos, se creó con la función específica de usar las nuevas técnicas de cálculo automático en la investigación y en la enseñanza (hasta entonces, sólo algunas universidades contaban con pequeños ordenadores, asociados casi siempre a cátedras principalmente vinculadas con la matemática aplicada a la ingeniería⁹), con el objetivo expreso de expandirlas por todo el territorio español. El servicio de cálculo que prestaba se hallaba abierto, siempre que se tratase de tareas no rutinarias, a todos los centros universitarios españoles, escuelas técnicas superiores y demás orga-

anismos docentes y de investigación dependientes de la Dirección General de Enseñanza Superior e Investigación¹⁰. Para que este servicio fuese



Fig. 4.2. Vista general del CCUM.

⁷ Ibidem.

⁸ Las previsiones que en ese momento se hacían, sin embargo, confirman el imparable desarrollo de la informática en nuestro país. En el acto de inauguración del CCUM, el rector de la Universidad, José Botella Llusá, estimaba que «para 1975 España necesitará más de cuarenta mil técnicos especializados en tareas informáticas», imposibles de cubrir si no fuese por los cursos especializados ofrecidos por el citado Centro. Véase, *La Gaceta del Norte*, Bilbao, 14 de marzo de 1969.

⁹ GARCÍA CAMARERO, E.: «El ordenador y la creatividad en la Universidad de Madrid a finales de los sesenta», en *Procesos*. Madrid, Centro de Arte Reina Sofía - Ministerio de Cultura, 1986, pág. 177. Hay que precisar, no obstante, que en 1969 había instalado en Madrid, en el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, un ordenador casi tan potente como el del CCUM, un IBM 7070. Véase, *Nuevo Diario*, Madrid, 13 de diciembre de 1969.

¹⁰ Uno de los servicios más polémicos prestados por el CCUM fue el de corregir con computadora exámenes tipo *test* realizados por estudiantes universitarios. «El sistema consistía fundamentalmente explicaba Briones en una entrevista publicada en *Dígame*, en el planteamiento de preguntas concretas que se acompañan de un número variable de respuestas, de las cuales el alumno debe seleccionar la verdadera. Una sola es la respuesta justa, totalmente verdadera, que lleva la calificación de aprobado». En una entrevista adjunta en el mismo medio informativo, García Camarero trataba de justificar el procedimiento, frente a las críticas que suscitaba entre los estudiantes, que no querían ser examinados por una máquina. A la observación del entrevistador de que muchos opinan que no es fácil conocer a los alumnos a través de los *tests*, respondía: «Tampoco lo es conocerlo directamente cuando hay una enorme masa. Por otra parte, no vale la objeción de que es una comodidad para el profesor corregir sólo las respuestas de la computadora. La misión del profesor es la docencia y la investigación más que el emplear mucho tiempo en la corrección. Es justo que se usen los adelantos técnicos». SARABIA, S.: «Ventajas e inconvenientes de la aplicación de las computadoras en los exámenes», diario *Dígame*, Madrid, 18 de noviembre de 1969.

lo más eficaz posible, el Centro organizó desde sus inicios una serie de cursos para la preparación del personal adscrito en la redacción de programas y en el análisis de sistemas, ofreciendo asimismo asesoramiento durante el análisis de los problemas y la elaboración de los programas concretos, así como acogiendo toda iniciativa de estudio, personal o de grupo, de problemas contenidos en la amplia gama a que tiene acceso un ordenador electrónico¹¹.

El equipo electrónico cedido por IBM en enero de 1968¹² fue instalado en los últimos días de noviembre de ese mismo año, estando integrado por una calculadora IBM 7090 (con un coste de 280 millones de pesetas¹³, tenía una capacidad lectora de 250 tarjetas por minuto y una impresora capaz de imprimir 150 líneas por minuto; la capacidad de almacenamiento era de 32.768 «palabras» de 36 cifras binarias, equivalentes cada «palabra» a un número de diez cifras decimales), una calculadora IBM 1401 (con una capacidad lectora de 800 tarjetas por minuto y una impresora capaz de imprimir 600 líneas por minuto) y diverso equipo auxiliar¹⁴. En una sola jornada el equipo completo podía desarrollar más de 240 programas¹⁵.



Fig. 4.3. Interior del CCUM.

El edificio que daba, y continúa dando, acogida al Centro fue diseñado por el arquitecto Miguel Fisac, y se construyó entre 1966-67. Se trata de un sobrio y racionalista edificio rectangular de dos

plantas con muros de carga de hormigón armado y piezas pretensadas huecas, simplemente apoyadas como cubierta. Entre los elementos interiores, sobresa-

¹¹ Los cursos organizados por el CCUM se extendían con frecuencia a otras ciudades españolas, adonde se desplazaban técnicos cualificados del Centro madrileño. Es el caso, por ejemplo, de los coloquios informativos sobre la utilización de las nuevas técnicas automáticas en la investigación y la enseñanza desarrollados en la Universidad de Zaragoza en noviembre de 1969. Véase *El Noticiero* de Zaragoza del 16 de noviembre de 1969.

¹² La repercusión de esta donación fue amplia en la prensa española del momento. Por sólo citar algunas de las más significativas, véanse las noticias aparecidas en los diarios *Diario de Mallorca* (7-1-1968), *Faro de Vigo* (7-1-1968), *La Vanguardia* (7-1-1968), *Arriba* (14-2-1968), *Ya* (16-2-1968) y *Abc* (17-2-1968).

¹³ Información aparecida en *Nuevo Diario*, Madrid, 13 de diciembre de 1969.

¹⁴ Parte de este equipamiento se encuentra en la actualidad en el vestíbulo de entrada del edificio que continúa albergando el Centro de Cálculo, ahora dependiente de la Universidad Complutense de Madrid, a modo de pequeño museo.

¹⁵ Acerca de las características del nuevo equipamiento electrónico del CCUM, véase, BRIONES MARTÍNEZ, F.: «El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid», *Revista de Automática*, nº 1, Madrid, julio - agosto - septiembre 1968, págs. 53-54.

len las pantallas de tubo de luz fluorescente, diseñadas por el propio Fisac¹⁶. En la planta inferior estaba ubicado el equipo informático, mientras que en la superior se instalaron los departamentos docentes y burocráticos, sala de juntas y biblioteca. Todo el edificio estaba climatizado y muy bien decorado, con un mobiliario moderno en color claro, con predominio del blanco¹⁷.

El Centro fue oficialmente inaugurado el viernes 7 de marzo de 1969, en el transcurso de un acto presidido, en representación del ministro de Educación y Ciencia, por el subsecretario del Departamento, Alberto Monreal Luque, quien estuvo acompañado en la mesa por el rector de la Universidad



Fig. 4.4. Florentino Briones. La imagen se tomó el año de inauguración del CCUM.

de Madrid, José Botella Llusía, el secretario general técnico del Ministerio, Ricardo Díaz Hochleitner, el director general de Archivos y Bibliotecas, Luis Sánchez Belda, y el presidente del Instituto Politécnico Superior de Madrid, Pío García Escudero. Las palabras pronunciadas por los intervinientes abundaron en elogios al papel desempeñado por las nuevas tecnologías informáticas en el desarrollo de la industria y la investigación científica. El director del Centro, Florentino Briones, destacó en su intervención que el flamante sistema informático era perfectamente comparable con los más modernos de Europa, como los utilizados por las universidades de Pisa, Copenhague, Nuremberg y el Imperial College de Londres¹⁸.

Además del director, subdirector y secretario, la dotación de personal adscrito al Centro constaba en julio de 1969 de siete analistas, ocho operadores, tres perforistas y tres administrativos¹⁹. Entre todo este perso-

¹⁶ Sobre el edificio del Centro de Cálculo en la Ciudad Universitaria de Madrid, pueden consultarse: ARQUES SOLER, F.: *Miguel Fisac*. Madrid, Pronaos, 1996, y la monografía sobre el arquitecto editada por el Consejo Superior de Arquitectos.

¹⁷ APOLODORO: «Trabajar para la Universidad. El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid», *Gaceta Universitaria*, segunda quincena de noviembre de 1969, págs. 16-19. En mi visita al Centro efectuada en la primavera de 1997, pude constatar el deterioro de las instalaciones, sobre todo las de la planta superior, necesitadas de un buen remozado.

¹⁸ También los periódicos y algunas revistas de entonces se hicieron amplio eco de la inauguración oficial del CCUM, según lo confirman las noticias publicadas en los diarios *Madrid* (8-3-1969), *Ya* (8-3-1969) y *Abc* (9-3-1969; 13-3-1969), así como en la *Revista de Obras Públicas* (en su número correspondiente a marzo de 1969) y en la revista *SP* (23-3-1969).

¹⁹ El secretario era Julio Montero Delgado. Los analistas eran Javier Alberdi Alonso, Irene Fernández Flórez, Juan Antonio Martínez Carrillo, María Teresa Molina Ávila, Isidro Ramos Salavert, Francisco Javier Rodríguez López-Cañizares y Martín Sánchez Marcos. El jefe de operadores era Emilio Flores Romero, y el resto de operadores lo formaban Carmelo Álvarez Butragueño, Fernando Benito Montes,

nal se contabilizaban cinco matemáticos, un economista, un químico y tres físicos. Hasta finales de 1969 el personal había sido admitido por libre contratación, pero a partir de ese momento el propósito era que el propio Centro formase al futuro personal gracias a un sistema de becas concedidas por IBM desde los acuerdos iniciales con la Universidad de Madrid y para el que había dispuesto un fondo de tres millones de pesetas. Las becas, convocadas con periodicidad anual, eran de tres clases: para asistencia a cursos de programación, destinadas a formar programadores de los organismos españoles que han de usar los servicios del CCUM, y que eran todos los dependientes o reconocidos por la Dirección General de Enseñanza Superior e Investigación, es decir, centros universitarios, escuelas técnicas superiores y demás instituciones docentes y de investigación, si bien se ofrecían especialmente a universidades de provincias, como primer contacto práctico con el CCUM; para iniciación a la investigación, concedidas a estudiantes del último curso de carrera y encaminadas a despertar el interés hacia esa novísima rama del saber que era entonces la informática. En este caso el becario trabajaba bajo la dirección de un profesor de universidad o de un analista del Centro, en un estudio monográfico que podía ser la tesis de fin de carrera; para monografías, otorgadas a graduados que desearan preparar un trabajo monográfico sobre cualquier tema científico que implicase el uso del cálculo electrónico²⁰.

Además de las becas, el Centro organizó desde el inicio de sus actividades cursos para la preparación de personal en la redacción de programas y en el análisis de sistemas, ofreciendo asesoramiento en los análisis de problemas y confección de programas concretos, de igual modo que se hallaba predispuesto a acoger toda iniciativa de estudio, bien fuese personal o de trabajo en equipo, de problemas para cuya resolución hubiese necesidad de usar un ordenador electrónico.

María del Carmen Blasco Vizcaíno, Miguel Domínguez Crespo, Antonio Agustín González Díez, María Dolores del Valle Roncero y María Isabel del Valle Roncero. Los perforistas eran Ángeles Acero Verdú, Adela Arés Escolar y María Luisa Briones Martínez. En cuanto al personal administrativo, estaba constituido por Felisa Casaseca Jiménez, Marisol Robles Lechón y Enrique Héctor Moscoso Segovia. Véase, *El CCUM*, s.f., op. cit., pág. 10.

²⁰ Véase, APOLODORO: «Trabajar para la Universidad. El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid», op. cit.

4.2. Creación del seminario de Generación Automática de Formas Plásticas.

Desde el comienzo de su actividad, los responsables del CCUM se hallaban decididos a imprimirle una orientación nada convencional, persuadidos como estaban de que una de las tareas principales era la de

[...] encontrar y dar a conocer campos de actividad del ordenador que no fueran sólo los que se desprendían de considerar a este nuevo instrumento como una máquina aritmética o matemática, heredera del ábaco chino, del aritmómetro de Pascal o de las calculadoras de Leibniz y Odhner. Importaba dejar patente que lo esencial del ordenador era la información como soporte de conocimiento, hacer ver que la máquina podía sustituir al hombre en los procesos de control y ahorrarle la fatiga del trabajo mental repetitivo y mecánico, colaborando también en las tareas de creatividad. Todas estas características de la máquina anunciaban un cambio esencial en la actividad humana, prefigurándose como su rasgo distintivo la creatividad, la inventiva, ya que para la ejecución de los procedimientos inventados se tenía al eficaz auxiliar que se encerraba en los nuevos templos que representaban los Centros de Cálculo. El impacto que el ordenador representa en la actividad humana no significa sólo la aparición de una potente herramienta, sino que también actúa sobre el método de abordar los problemas, originando una mutación intelectual sin precedentes, que va tomando nuevas formas, y denotándose con términos como inteligencia artificial, ingeniería del conocimiento, etc., haciendo surgir todo un nuevo sector de la actividad social humana que recibe el nombre de cuaternario. Habíamos percibido, pues, que estábamos ante un amplificador de la mente, y sentíamos la necesidad de entrar en el «meollo» de la informática, de llegar al límite de la *terra incognita* en el que se situaba una ciencia de tan reciente aparición, y nos animaba también a hacer ver que la actividad del informático no consistía en comportarse como un periférico del ordenador, con su cerebro programado para usar los programas y las máquinas que venían de fuera²¹.

En base a este espíritu innovador que impregnaba a los directivos del Centro, se crearon una serie de seminarios interdisciplinares, con el propósito no tanto de que las materias científicas, humanísticas y artísticas que les daban nombre enriquecieran las perspectivas de desarrollo de la nueva ciencia informática, cuanto con el de poner ésta al servicio de aquéllas, abriendo de este modo caminos hasta entonces desconocidos a la creatividad humana.

²¹ GARCÍA CAMARERO, E.: «El ordenador y la creatividad en la Universidad de Madrid a finales de los sesenta», en *Procesos*, op. cit., págs. 177-179. El mismo autor, en el texto de presentación de la muestra *Generación automática de formas plásticas* (CCUM, junio-julio de 1970), también dirá a modo de justificación del seminario madrileño que no sólo «la intervención de procedimientos sistemáticos para la construcción de obras plásticas ha sido [hasta ahora] prácticamente nula», sino que, incluso cuando el artista utiliza reglas compositivas y cromáticas al realizar su obra, se trata de normas muy débiles y casi siempre condicionadas «por los vagos conceptos de *imaginación*, *intuición* y *emoción*».

Como dice el breve texto de presentación de los recién creados seminarios, casi simultáneamente, aunque un poco antes, a la constitución del seminario que nos ocupa, se crearon los de Lingüística Matemática²² y Composición de Espacios Arquitectónicos²³. El mencionarlos aquí está justificado básicamente por dos razones. En primer lugar, porque la experiencia que se tenía en diciembre de 1968 del funcionamiento de ambos, tuvo su importancia en la decisión de crear el de Formas Plásticas. En segundo lugar, por la vinculación de fondo y el aspecto común que existía entre los tres, es decir, la presencia de un lenguaje para transmitir determinado tipo de conocimiento: transmitir mensajes plásticos a través de obras principalmente pictóricas; transmitir un mensaje arquitectónico, o, mejor aún, describir mediante un lenguaje preciso determinados espacios arquitectónicos; estudiar de manera objetiva y sistemática los procesos del lenguaje²⁴. De hecho, entre los participantes de cada uno de los tres seminarios hubo frecuentes contactos e intercambio de opiniones, sobre todo durante el tiempo en que García Camarero los dirigía, ya que al asistir a las distintas reuniones, normalmente con periodicidad quincenal, que se convocaban de cada uno de ellos, trasladaba a cada seminario determinados problemas, razonamientos y planteamientos discutidos en los otros.

En cuanto a la creación concreta del seminario objeto de este apartado, sus orígenes se remontan a marzo de 1968, cuando Manuel Barbadillo, residente ya por entonces en Torremolinos, recibió una carta de Mario Barberá en la que, acompañando algunos impresos informativos sobre las actividades del CCUM, le expresaba su convencimiento de que las experiencias e investigaciones que estaba llevando a cabo en su obra podían verse facilitadas con la ayuda de una computadora²⁵. El conocimiento preciso de la etapa evolutiva que en ese momento atravesaba la pintura de Barbadillo, caracterizada entre otras cosas por una combinatoria modular, le vino a Barberá a través de su amistad con José Luis Alexanco, quien a su vez tenía amistad con Barbadillo desde antes de mayo de 1967, en que ambos participaron en la exposición que, bajo el título *Nueva Generación*, había organizado el pintor y crítico

²² El más ardiente promotor de este seminario, junto a García Camarero, fue F. J. Seguí de la Riva.

²³ Al lado de García Camarero, el principal impulsor de este seminario fue V. Sánchez de Zavala. La composición automática de espacios arquitectónicos constituía, junto a la generación automática de formas plásticas, un campo de interés primordial del CCUM, y se planteaba en «cuatro niveles sucesivos: a) obtención de contenido arquitectónico en expresiones dadas en lenguajes naturales o seminaturales; b) análisis estructural de las funciones arquitectónicas de la vivienda; c) organización de los espacios de acuerdo con el análisis precedente; d) salida gráfica de los planos constructivos acorde con dicha construcción». GARCÍA CAMARERO, E.: «Experiencias y proyectos en 'computer graphics' del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid», en *Memorias de la Conferencia Internacional IEEE sobre sistemas, redes y computadoras*, Oaxtepec (México), 1971, pág. 756.

²⁴ GARCÍA CAMARERO, E.: «Seminario sulla generazione delle forme plastiche», en *D'ARS*, núms. 46-47, Milán, julio-noviembre 1969, págs. 40-45. El texto de este artículo reproduce la conferencia que su autor pronunció en el CCUM, el 26 de junio de 1969, con motivo de los actos de clausura del curso académico 1968-69.

²⁵ Véase, BARBADILLO, M.: *El ordenador. Experiencias de un pintor...*, op. cit., pág. 13. Véase también, BRIONES MARTÍNEZ, F.: «Generación automática de formas plásticas», en el catálogo de la exposición *Formas computadas*, op. cit.

Juan Antonio Aguirre en la sala Amadís de Madrid²⁶. Alexanco, pues, había percibido que el estado de investigación, el estilo y la sintaxis que por entonces caracterizaba la producción de Barbadillo se ajustaba inmejorablemente a un tratamiento mediante medios informáticos. La misiva de Barberá surtió efecto, ya que a los pocos días Barbadillo envió al director del CCUM una Memoria, basada en reflexiones sobre sus experiencias modulares que había escrito un par de años antes²⁷, junto a una carta en la que, a renglón seguido de manifestar con claridad meridiana su entusiasmo por las posibilidades abiertas por la computadora en su aplicación al trabajo artístico, señal incontestable para él del decisivo cometido que la cibernética habrá «de tener en la evolución de la sociedad en la nueva fase de nuestra historia», revela su intención de «estudiar, de forma general, este fenómeno». A continuación desvelaba el carácter de la investigación que se proponía emprender en el Centro, texto que hemos reproducido en el apartado 3.4. de este trabajo²⁸.

La buena recepción que entre los responsables del CCUM tuvieron la citada carta y la Memoria adjunta, así como las fluidas conversaciones telefónicas que en esos días mantuvo con Mario Barberá, decidieron a Barbadillo a solicitar una de las becas convocadas por el Centro, que le fue rápidamente concedida²⁹. Al mes siguiente, en abril, ya se encontraba asistiendo a un curso intensivo de iniciación al ordenador en el Centro de Cálculo, estancia que se prolongó hasta junio y durante la que el intercambio de ideas con Briones y García Camarero fue constante, con este último sobre todo acerca de cuestiones relacionadas con la lingüística³⁰.

Durante el verano y gran parte del otoño de 1968 fue madurando en García Camarero la idea de crear un seminario relacionado con cuestiones específicamente artísticas, animado como estaba, según acabamos de comentar, por los resultados obtenidos en los recientemente constituidos de Lingüística Matemática y Espacios Arquitectónicos. En este sentido, Barbadillo me señalaba en una conversación³¹ que la creación del seminario de Generación Automática de Formas Plásticas se debió principalmente a las similitudes encontradas por García Camarero entre la mencionada propuesta por carta del pintor, en el sentido de que el Centro estudiase las posibilidades de resolución sobre bases matemáticas de algunos desarrollos de su obra modular en ese

²⁶ A esta exposición colectiva siguió muy poco después, en diciembre del mismo año, otra con idéntico título, también organizada por Juan Antonio Aguirre, aunque esta vez en la galería Edurne de la capital de España. Acerca de las muestras Nueva Generación, véase, además de los catálogos editados al efecto, AGUIRRE, J. A.: *Arte último. La 'Nueva Generación' en la escena española*. Madrid, Julio Cerezo Estévez, editor, 1969.

²⁷ Algunas de estas reflexiones están recogidas en otro artículo de Barbadillo que, bajo el título de «Materia y vida», también aparece publicado en el libro *Ordenadores en el arte*, op. cit., págs. 17-23.

²⁸ Véase, BARBADILLO, M.: *El ordenador. Experiencias de un pintor...*, op. cit., págs. 13-15.

²⁹ Véase, GARCÍA CAMARERO, E.: «Generación automática de formas plásticas», en *Ordenadores en el arte*, op. cit., págs. 1-3. Véase también, *Boletín del CCUM*, n° 1, diciembre 1968, pág. 16.

³⁰ Véase, BARBADILLO, M.: *El ordenador. Experiencias de un pintor...*, op. cit., pág. 15.

³¹ El 6 de septiembre de 1996.

momento, y el aludido seminario de Lingüística Matemática. Es decir, desde el principio la idea motriz que alimentó la creación del seminario de Formas Plásticas fue la de la «búsqueda de las bases matemáticas del arte», si bien entre sus componentes iniciales hubo quienes acudieron a sus sesiones también muy interesados por las cuestiones relativas a la percepción visual, sobre todo en el caso de Vicente Aguilera Cerni, Yturralde y otros miembros procedentes del área valenciana.

El interés que desde el primer momento despertó en el Centro la petición de Barbadillo, queda perfectamente reflejado en las siguientes palabras de García Camarero:

Nos pareció que las ideas de Barbadillo eran relativamente fáciles de tratar automáticamente, dado que su obra consistía en acoplar unos módulos de tal forma que a él le resultase subjetivamente satisfactoria. El problema era realmente combinatorio y se trataba de seleccionar entre todas las posibles combinaciones sólo aquellas que eran de interés del artista. Nos pareció que la actual lingüística podía salir en su ayuda. Su alfabeto era reducido, compuesto por unos pocos módulos. Sus frases (cuadros) constaban de dieciséis módulos. Se trataba, pues, de encontrar el subconjunto de los cuadros de su interés, es decir, su estética. Este subconjunto debería estar definido por unas reglas formales que constituían su sintaxis y debería responder a ciertos significados y contenidos estéticos y emocionales. En la búsqueda de las reglas sintácticas podía ayudar inmediatamente el ordenador. Para ello parecía preciso fijar más claramente qué obras pertenecían a su estética y qué obras estaban fuera. En principio parecía razonable generar todas las posibilidades y que por observación del artista se distribuyeran en dos clases: las aceptadas y las rechazadas. Después, ver qué reglas formales guiaban esta selección subjetiva. La intuición del artista dio ya algunas reglas que aminoraron el trabajo y se generaron sólo aquellas que respondían a su criterio. En esta clase quedó incluida toda la obra ya realizada con anterioridad por él y se generaron algunas nuevas que respondían ampliamente a sus intereses³².

También Ignacio Gómez de Liaño ha reconocido el papel esencial desempeñado por Barbadillo en la decisión finalmente adoptada por los responsables del CCUM de crear el seminario de Formas Plásticas, aunque hace asimismo hincapié en la importancia que a su juicio tuvieron en esa decisión las sugerencias de algunos arquitectos que participaban en el ya constituido seminario sobre Espacios Arquitectónicos³³.

Aunque indirectamente, también Eusebio Sempere influyó en la determinación de crear el seminario de arte. De un lado, está el propio estilo «li-

³² GARCÍA CAMARERO, E.: «Generación automática de formas plásticas», en *Ordenadores en el arte*, op. cit., pág. 1.

³³ El juicio de Ignacio Gómez de Liaño está expresado en una reseña que, con motivo de la clausura del primer curso de funcionamiento del seminario de Formas Plásticas, publicó en el diario *Madrid* del 2-6-1969.

nealista»³⁴ con que por entonces realizaba su trabajo, muy adecuado para ser sometido a una investigación con ayuda de la computadora; de otro, el haber participado en una efímera y nada sistemática experiencia, anterior a la constitución del seminario madrileño, en la que se usó el ordenador con fines artísticos, junto a Abel Martín y el ingeniero de caminos Eduardo Arrechea, que fue el programador informático³⁵.

La primera reunión del seminario de Generación Automática de Formas Plásticas³⁶, y por la que oficialmente quedó constituido, se celebró el miércoles 18 de diciembre de 1968, a las 13 horas. Distribuidos por su lugar de procedencia, a ella acudieron las siguientes personas: (Málaga) Manuel Barbadillo Nocea; (Madrid) F. Álvarez Cienfuegos, M. de las Casas Gómez, Mario Fernández Barberá, Irene Fernández Flórez, Ernesto García Camarero, A. García Quijada, Abel Martín, Julio Montero Delgado, Isidro Ramos Salavert, Guillermo Searle, F. Javier Seguí de la Riva, Eusebio Sempere y Soledad Sevilla Portillo; (Valencia) Vicente Aguilera Cerni y José María López Yturalde. El director del seminario era García Camarero, mientras que De las Casas Gómez, Fernández Flórez, García Quijada, G. Searle y Seguí de la Riva también participaban en el seminario de Espacios Arquitectónicos, a su vez dirigido por Camarero. En el transcurso de ese primer curso 1968-69, además de los citados, asistieron a las sesiones del seminario Florentino Briones, José Luis Alexanco, J. L. de Carlos, Gerardo Delgado y J. Peña. Esta nómina se vio enriquecida, durante el curso siguiente 1969-70, con la presencia de A. del Amo, G. Carvajal, Eizaguirre, Tomás García Asensio, Ramón Garriga, Ignacio Gómez de Liaño, José Luis Gómez Perales, Malle Dina, Herminio Moleiro, J. M. Navascués, José Miguel de la Prada Poole, Manuel Quejido, Luis de la Rica, Carlos Sambricio, J. Sarquis, F. Carbonell, S. Fraga, M. García Nart y Eduardo Sanz. En los tres últimos cursos, 1970-71, 1971-72 y 1972-73, se unieron Elena Asins, Waldo Balart, Ana Buenaventura, F. Cabrero, Ramón Eleta, M. A. García Fernández, F. J. González Estecha, Miguel Lorenzo, Luis Lugán, F. Martínez Villaseñor, M. Pablo, J. Romero, C. Rodríguez, J. Ruiz, Enrique Salamanca y Enrique Uribe Valdivielso³⁷.

³⁴ Véase, GARCÍA CAMARERO, E.: «La pintura informática en la Universidad Complutense», en *Patrimonio artístico de la Universidad de Madrid*, op. cit., pág. 60.

³⁵ Fuera del campo de las artes plásticas, la música es la otra disciplina pionera en España en el uso de la computadora con fines estéticos. Trece años después de la composición de Lejaren A. Hiller, en octubre de 1969, Josep Maria Mestres Quadreny estrena *Ibemía* en Barcelona, la primera obra musical producida en España con el concurso del ordenador. Véase, BRIONES MARTÍNEZ, F.: «Arte y ordenadores en el XVII SIMO y sus antecedentes», en *Boletín* de la Fundación Citema, núm. monográfico sobre «Creatividad e informática», Madrid, 1977, pág. 8. Véase, también, ANÓNIMO: «Partituras electrónicas», en *SP*, 8-3-1970.

³⁶ En algunos lugares también aparece nombrado como seminario de Análisis y Generación Automática de Formas Plásticas.

³⁷ Acerca de los sucesivos participantes en el seminario, la fuente más fiable es el propio *Boletín* editado por el CCUM, donde en cada número se daba puntual cuenta de las reuniones y actividades de los respectivos seminarios, encabezándose siempre la información con los nombres de los participantes en estas reuniones periódicas. Véase, también, BRIONES MARTÍNEZ, F.: «La experiencia del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid», en *Arte geométrico en España 1957-1989*, Madrid, Centro Cul-



Fig. 4.5. Reunión del seminario de GAFP. El tercero por la izquierda es Sempere y el último de la derecha es García Camarero.

tural de la Villa, 1989, pág. 59. Un caso difícil de precisar, sin embargo, es el de Elena Asins. La primera vez que su nombre aparece citado en la entrada de participantes de la sección del Boletín del CCUM en la que se daba periódica cuenta de las actividades llevadas a cabo por el seminario, es en el Boletín núm. 16, correspondiente a julio de 1971, aunque es evidente que Elena tuvo, con anterioridad al curso 1970-71, contacto con el seminario y que asistió a algunas de sus reuniones. De lo contrario no se explica la inclusión de un artículo suyo en el libro *Ordenadores en el arte*, publicado por el Centro en 1969, y su participación en la primera exposición organizada por el Centro, *Formas computables*, desarrollada entre junio y julio de 1969 y en la que la mayoría de participantes españoles eran miembros del seminario. La propia autora, en diferentes ocasiones en que he hablado con ella, no es precisa en cuanto a la fecha exacta de su incorporación, aunque siempre me ha asegurado que su vinculación al seminario se produjo ya en el primer curso, 1968-69.

4.3. Las sesiones de trabajo del seminario de Generación Automática de Formas Plásticas.

Bajo la dirección de García Camarero, el seminario estuvo funcionando dos cursos completos, 1968-69 y 1969-70, sin duda los más productivos e interesantes de los cinco cursos que duró su existencia. Fue ése también el periodo de mayor entusiasmo entre los participantes, ya que no va a ser hasta el final del mismo que empiecen a producirse las primeras deserciones, vacío



Fig. 4.6. Reunión del seminario de GAFF. El tercero por la izquierda es Barbadillo.

que, no obstante la incorporación de nuevos nombres a partir de octubre de 1970, resultó muy difícil llenar. Desde el principio se acordó que las reuniones, siempre que fuera posible, tuviesen periodicidad quincenal, con lo cual se concedía un plazo de tiempo

razonable para preparar la sesión siguiente. García Camarero ha insistido en que las sesiones de trabajo, al menos durante el tiempo en que él estuvo al frente del seminario, se hallaban presididas por un incuestionable clima de libertad, lo que seguramente contrastaba con la censura impuesta por el régimen político entonces imperante en otros ámbitos. Los participantes intervenían siempre que lo estimasen oportuno, exponían los frutos de sus investigaciones, o bien discutían las opiniones de otros miembros. Tomás García Asensio ha señalado, sin embargo, que este espíritu de libertad y apertura, cuya única formalidad aparente era la que imponía el calendario, no impedía que se tuviese la sensación de una «fuerte jerarquización»³⁸. Sospecho que García Asensio, quien se incorporó al seminario durante el segundo curso de su funcionamiento, quiere también expresar con ello el rigor científico y la dotación de contenido con que García Camarero dirigía las sesiones de trabajo, a fin de evitar discusiones estériles interminables y conseguir unos resultados objetivos cuantificables. García Asensio, sin embargo, ha puesto de relieve cómo lo que él llama el «organigrama fáctico» del Centro, esto es, la «cúpula» formada por Briones, García Camarero y Mario Barberá, no estaba precisado en todos sus detalles, dándose además la circunstancia de que aun cuando la función principal de esas tres personas, por lo que al seminario se refiere, era la de

³⁸ GARCÍA ASENSIO, T.: *Aproximación a un intento de informatizar la plástica*, op. cit., pág. 3.

hacerlo funcionar y animar a sus miembros, «el trabajo de cada uno de ellos no estaba claramente parcelado»³⁹.

Además de las discusiones e intercambio de opiniones sobre el desarrollo de las investigaciones de cada uno de los participantes, así como los pertinentes comentarios a las diferentes comunicaciones publicadas en el Boletín del Centro, eran constantes las aportaciones de referencias bibliográficas acerca de los temas objeto de estudio y análisis y el comentario de los resultados obtenidos en los seminarios de Lingüística Matemática y Composición de Espacios Arquitectónicos, de los que puntualmente informaba García Camarero, aparte de que, según hemos indicado, había miembros que simultaneaban varios seminarios. Entre esos listados bibliográficos destaca especialmente



Fig. 4.7. Reunión del seminario de GAFP. Se distinguen García Asensio, Camarero, Barberá y Gómez de Liaño.

el suministrado desde Valencia por Aguilera Cerni a comienzos de 1969, donde, con independencia de la actualización de sus conocimientos, aparecen autores y títulos que por entonces concitaban extraordinariamente su interés: G. Dornes, R. L. Gregory, S. K. Langer, A. Schaff, M. Bunge, S. Hesselgren, U. Eco, J. Bertin, etc., junto a algunas revistas y publicaciones que se ocupaban en mayor o menor medida de los temas tratados en las discusiones

del seminario, acompañado todo ello de algunas direcciones de interés⁴⁰.

Desde el principio mismo de las reuniones gravitaba en el ambiente la necesidad de que los artistas participantes se familiarizasen con los ordenadores y, sobre todo, aprendiesen a programar. Las reticencias mostradas hacia este aprendizaje, que, como hemos visto, llegaría a obsesionar a Briones du-

³⁹ *Ibídem*. Quizás fuese éste uno de los motivos de la fricción que con el paso del tiempo pudo observarse en las relaciones entre Briones y García Camarero, si bien sería muy arriesgado precisar su grado de intensidad, no sólo por el exquisito cuidado que ambos han mostrado, en cuantas conversaciones he mantenido con ellos, en hablar de las mismas, a las que tampoco se han referido en ninguno de sus numerosos textos sobre las actividades del Centro, sino también por las reticencias de la inmensa mayoría de los participantes en mencionarlas o proporcionar alguna luz sobre ellas. Los pocos miembros del seminario, muy autorizados, que me las han comentado, lo han hecho con una buena dosis de prudencia y respeto, indicándome en todo caso que no revelase sus nombres. Ese mismo respeto mutuo, y me parece oportuno dejar constancia de él en estas páginas, es el que se desprende de cuantas declaraciones efectuaron durante y después de la experiencia del CCUM tanto Briones sobre García Camarero como éste sobre aquél.

⁴⁰ Véase, *Boletín del CCUM*, febrero 1969, págs. 12-14.

rante el tiempo en que tuvo responsabilidad directa sobre el seminario, hay que atribuirles no sólo a la dificultad intrínseca que supone aprender un complicado lenguaje matemático y algorítmico por parte de artistas plásticos que habían recibido una enseñanza tradicional, en contacto con los materiales propios de su oficio y alejados de ecuaciones y fórmulas matemáticas, sino a la relativa influencia que todavía ejercía sobre ellos algunos de los aspectos fundamentales de la estética cibernética, en el sentido de considerarse el programa estético como tan importante o más que el producto artístico finalmente realizado. La obra plástica, bien fuese bidimensional o en tres dimensiones, con su soporte material, aún seguía ejerciendo un ascendiente considerable, aunque hay que reconocer la progresiva aceptación del programa estético como obra artística entre los miembros artistas del seminario, según revela el que en las exposiciones que se llevaron a cabo, así como en las diferentes publicaciones donde se daba cuenta de las actividades del seminario, apareciesen también extractos de los programas estéticos que habían servido para realizar las obras. Sea lo que fuere, el caso es que el único de los artistas participantes que aprendió bien a programar fue José Luis Alexanco. El resto necesitaba el auxilio de los técnicos programadores del Centro, que por lo general desempeñaron con generosa entrega su labor.

Una dificultad añadida, perceptible sobre todo una vez que fue diluyéndose el entusiasmo suscitado durante el primer curso académico de actividad del seminario, era la lentitud en obtener resultados concretos de las investigaciones emprendidas por los artistas con el auxilio de la computadora, y no sólo porque el equipo de que disponía el Centro, a pesar de tratarse del más moderno existente probablemente en esos momentos en España, era muchísimo menos rápido que los ordenadores actuales, con un complicado procedimiento técnico basado en el uso de tarjetas perforadas, sino porque el Centro de Cálculo tenía por su propia naturaleza que atender a numerosas peticiones procedentes de los departamentos universitarios y otros organismos de toda la geografía nacional, lo cual significaba guardar turno en una lista de espera. En las frecuentes conversaciones que he mantenido con Barbadillo, más de una vez se ha referido a esos plazos, que podían ser perfectamente de tres meses. Es decir, debía esperar ese tiempo hasta ver los resultados del programa que se había introducido en la máquina, y, dependiendo de los mismos, efectuar los cambios necesarios para, a continuación, esperar de nuevo la obtención de nuevos resultados. De ahí la importancia que tenía una buena coordinación y entendimiento entre el artista y el programador informático, en el sentido de que éste, para poder realizar con eficacia su trabajo, dispusiese de un conjunto de líneas directrices muy precisas indicadas por el artista. Pero hay que tener en cuenta que, por mucho que se tratase de llevar a cabo un trabajo estético científico y con el concurso de una poderosa herramienta, el factor intuición resulta insoslayable. Hasta que el artista no pudiese ver con sus propios ojos el producto de su creación impreso en un papel, no le era posible desechar unas composiciones y seleccionar otras. Cuando Barbadillo se ha re-

ferido en uno de sus más conocidos escritos a la crisis que atravesó desde principios hasta finales de los setenta, hasta el extremo de mantenerse completamente alejado de los ordenadores durante ese periodo en su trabajo artístico, está aludiendo a la impotencia originada por el complicado engranaje técnico y burocrático que suponía entonces recurrir a la computadora. La aparición de los ordenadores personales en 1979 vendría providencialmente en su ayuda, sacándolo del callejón sin salida en que se encontraba:

Por el tiempo en que los problemas del seminario comenzaron, yo estaba teniendo ya mis propios problemas personales. Estaba yendo a Madrid constantemente y regresando a casa con grandes pilas de gráficos de ordenador, cuyo estudio consumía todo mi tiempo. Incluso traté de desarrollar una tabla de puntuación para clasificarlos. Estaba revisando nociones matemáticas que había olvidado desde mis días de colegio y luchando además con otras nuevas: estadística, teoría de grafos, lingüística, etc. Ya ni pintaba ni «sentía», sólo reflexionaba todo el tiempo, tratando de formalizar racionalmente, de manera exacta, lo que había nacido sin más método que el de dejarme llevar por el instinto. Algo en mi interior se rebelaba. Empecé a sentirme nervioso y desasosegado y a añorar mi antiguo trabajo solitario, realizado a mi «tempo» y sin stress. Durante años no volví a usar un ordenador, hasta que aparecieron los pequeños ordenadores personales y con ellos la posibilidad de trabajar con autonomía. Con el ordenador en casa, mi interés renació⁴¹.

La primera sesión del curso académico 1969-70 tuvo lugar el 20 de octubre, y en ella aparece como coordinador del seminario Ignacio Gómez de Liaño, que acababa de incorporarse, si bien el director seguía siendo García Camarero. Después de hacer una valoración general del curso precedente, caracterizado, según los asistentes, por haberse dedicado «a plantear, a experimentar la posibilidad del trabajo artístico y de su análisis empleando nuevos métodos y nuevas técnicas, consiguiéndose algunos resultados parciales que quedaron patentes en la exposición *Formas computables*»⁴², se coincidió «en que, por encima de todo, de lo que se trataba era de realizar trabajos empíricos y analíticos sobre la obra de arte para llegar a resultados metodológicos y teóricos en el campo de la estética científica y de la generación automática de formas plásticas»⁴³. Tales «trabajos empíricos y analíticos» se referían, en primer lugar, a las obras de los nuevos artistas que se incorporasen al seminario, aunque se proseguirían los iniciados el curso anterior con las obras de Alexanco, Barbadillo e Yturralde. Se estimó, asimismo, que las obras de Manuel Quejido y Herminio Molero, quienes ya se habían incorporado al seminario aunque no participaron en esta primera reunión, reunían características de especial interés para su tratamiento informático, así como las de Sempere,

⁴¹ BARBADILLO, M.: «Tambores y computadoras», en CASTAÑOS ALÉS, E. (coord.): *Manuel Barbadillo. Obra modular (1964-1994)*, op. cit., págs. 89-91.

⁴² Se refiere a la muestra organizada con motivo de los actos de clausura del curso académico 1968-69, y sobre la que me detendré en el apartado siguiente.

⁴³ *Boletín del CCUM*, n° 7, noviembre 1969, pág. 2.

quien a partir de entonces iba a recibir una atención especial por parte de Florentino Briones. También se valoró muy positivamente lo satisfactoria que para los artistas había sido la experiencia del curso anterior.

Desde el punto de vista de la organización interna del seminario, esta primera reunión del curso 1969-70 propuso la creación dentro del seminario de equipos reducidos de trabajo que presentaran en las reuniones quincenales sus resultados, así como la celebración de un encuentro interseminarial con periodicidad trimestral. Ambas propuestas se cumplirían en el futuro sólo parcialmente.

La reiterada asistencia de Gómez de Liaño a las reuniones del curso, subrayada por su función coordinadora, acentuó la presencia de las cuestiones teóricas en las sesiones de trabajo, sobre todo las relacionadas con la búsqueda de una teoría general acerca del funcionamiento y descripción adecuada de la obra de arte⁴⁴. El ritmo de presentación de comunicaciones sobre investigaciones concretas de los artistas y otros participantes en el Boletín del Centro, sin embargo, continuaba con una frecuencia bastante alta, destacando a partir de enero y hasta final de curso las de Florentino Briones sobre el desarrollo de un programa informático centrado en la pintura modular de Barbadillo, las de José Luis Gómez Perales, Manuel Quejido y Tomás García Asensio⁴⁵. Asimismo, se mantuvo el interés sobre el estudio y análisis de la obra de los primeros artistas participantes en el seminario, Alexanco, Barbadillo e Yturralde⁴⁶.

Una de las novedades que pretendieron introducirse en el curso 1969-70 fue la de incluir, como sección fija del Boletín del Centro, repertorios bibliográficos que orientasen a los miembros del seminario sobre las cuestiones teóricas debatidas. Según se desprende de la consulta del Boletín, parece que la nueva sección no llegó a consolidarse, si exceptuamos la reducida pero enjundiosa bibliografía inserta en el ejemplar correspondiente al mes de enero de 1970 (núms. 8-9).

Desde la perspectiva de su desarrollo interno, el curso 1970-71 se inició para el seminario con el abandono de sus anteriores funciones directivas por parte de García Camarero, dirigiéndolo a partir de ahora, y hasta mediados del curso 1972-73, en que abandona el Centro de Cálculo, Florentino Briones. Gómez de Liaño asegura⁴⁷ que dejó la coordinación del seminario poco antes de la Semana Santa de 1972, pero esta función deja de aparecer en los Boletines del Centro desde el inicio del curso 1970-71. Quien sí que acude cada vez con menor frecuencia durante los cursos 1970-71 y 1971-72 es Manuel Barbadillo, decisión en la que intervinieron tanto razones de tipo perso-

⁴⁴ Véase, *Boletín* del CCUM, núms. 8-9, enero 1970, pág. 2.

⁴⁵ Estas comunicaciones aparecieron en los núms. 8-9, 10 y 11 del *Boletín* del CCUM, publicados entre enero y abril de 1970.

⁴⁶ Véase, *Boletín* del CCUM, núms. 8-9, enero 1970, pág. 2.

⁴⁷ Así me lo comunicó por teléfono en noviembre de 1996.

nal como de la propia marcha interna del seminario⁴⁸. En efecto, éste no va a ser ya a partir de octubre de 1970 lo que fue en los dos cursos primeros, iniciando una lenta agonía hasta su disolución al final del curso 1972-73. En realidad, ya desde aproximadamente la mediación del curso 1969-70 comienza a detectarse una considerable merma del entusiasmo de los momentos iniciales, acrecentada en los meses y años sucesivos.

Las razones de esta pérdida de entusiasmo y de la decadencia señalada son variadas y complejas. De un lado, la propia estructura jerárquica del CCUM a que se refería García Asensio, con una complicada trama de intereses en última instancia relacionados con la adquisición de parcelas de poder y la obtención de beneficios personales en el intrincado mundo académico de la Universidad española a finales de los sesenta. A pesar del espíritu de libertad y heterodoxia que García Camarero estaba resuelto a imprimir al seminario desde su creación, y sin menoscabo de que fuese real y verdaderamente percibido por sus miembros, como hemos admitido que ocurrió según sus propias declaraciones, aquella organización escalonada del Centro debió pesar entre los componentes de los seminarios, tanto más cuanto que muchos de ellos eran creadores plásticos y, por tanto, portadores de una especial sensibilidad frente a los, por otro lado, naturales y comprensibles esquemas organizativos jerárquicos. En segundo término, hay que valorar el entramado burocrático, la lentitud administrativa y técnica en la consecución de resultados ágiles y fluidos a que también se ha referido Barbadillo, sobre todo si tenemos en cuenta que muchas veces se trataba de imponderables que no podían ser controlados por los responsables del Centro. Briones confiesa que algunas veces los programas informáticos que debían realizar estudiantes becados por el Centro, no llegaban a terminarse, bien fuese por coincidir con un periodo de exámenes en la Universidad, bien por la demanda creciente de programas solicitados por los diversos usuarios del Centro⁴⁹. En tercer lugar, la misma evolución creadora y vicisitudes personales de los propios artistas participantes, los mismos que en opinión de Briones habían determinado su rápido éxito⁵⁰. En tal sentido, aparte la coherencia y honestidad de la posición de Sempere, quien desde los instantes fundacionales mantuvo una actitud de reserva ante las posibilidades del uso de la computadora con fines estéticos, se dieron claros ejemplos de progresivo o acelerado descreimiento de esas potencialidades concedidas a la máquina. Alexanco e Yturralde, por sólo mencionar los más significativos, pueden ser incluidos en la nómina de creadores que paulatinamente irían abandonando el uso del ordenador, aunque mostrando siempre un profundo respeto por la máquina y la experiencia desarrollada en el Centro. Otros, co-

⁴⁸ En conversación mantenida con Barbadillo en su casa el 2 de noviembre de 1996, éste me aseguró que abandonó definitivamente el seminario a comienzos de 1972, poco antes de que García Camarero perdiese asimismo su interés en el desarrollo de la experiencia.

⁴⁹ BRIONES MARTÍNEZ, F.: *Arte y ordenadores en el XVII SIMO y sus antecedentes*, op. cit., págs. 11-12.

⁵⁰ «El rápido éxito del seminario se debió sin duda a su composición». *Ibidem*, págs. 8-9.

mo fue el caso de Herminio Molero, pero sobre todo de Manuel Quejido, interrumpieron de forma brusca las investigaciones emprendidas durante esos años, adscribiéndose de manera fervorosa a las nuevas corrientes neofigurativas tan de moda en la escena madrileña de mediados los setenta. En cualquier caso, a excepción de los ya citados en este sentido, Manuel Barbadillo y Elena Asins, los demás artistas integrantes del seminario acabarían renunciando con el paso del tiempo al uso de la computadora para realizar sus trabajos.

Los responsables directos del Centro, Briones y García Camarero, siempre han sido relativamente parcos en sus escritos y declaraciones a explicar con detalle las causas de la extinción del seminario. En referencia a ellas afirma lo siguiente Camarero: «Las causas fueron imperceptibles, aunque uno de sus principales componentes pueda ser la mal soportada heterodoxia y libertad con que nació [el seminario]. Llegó un momento en que se habló de reglamentos, o cuando menos de programas bien definidos de actividad (como si la creatividad se sujetara a reglamentos)»⁵¹. La última frase de la cita es posible que aluda, aunque sin mencionarlo, a la etapa en que Briones dirigió el seminario. Éste último, por su lado, ve el comienzo del fin del seminario en el aumento del número de artistas y en la disminución del de arquitectos y programadores:

Con el éxito del seminario aumentó, como es lógico, el número de artistas que asistían a él. Y esto fue el principio del fin, porque, como ya he dicho antes, el número de arquitectos (que aportaban su formación «puente» entre artística y científica) y de informáticos (que aportaban su conocimiento profundo del ordenador) comenzó a disminuir⁵².

Su conclusión, sin embargo, es que la causa principal de la muerte del seminario fue el desinterés de la propia Universidad ante una experiencia que combinaba elementos hasta entonces muy rara vez juntos, como eran la investigación científica y la expresión artística:

Como puede deducirse de lo expuesto, el seminario de Análisis y Generación Automática de Formas Plásticas murió de inanición. Toda planta, y más cuando está en plena floración, debe ser regada. En caso contrario, no es de extrañar que se marchite. Un par de informáticos dedicados en exclusiva al tema hubieran constituido el riego necesario. Pero, ¿puede (o quiere) la Universidad española «regar» la investigación artística? Si hay agua para «regar» algún tipo de investigación (cosa que tampoco está muy clara) se comprende que no se va a *malgastar* en una cosa tan improductiva como el Arte, habiendo tantas ecuaciones diferenciales por resolver, tantas incógnitas en la física de las estrellas, tantas matrices de *input-output* para analizar los problemas de la economía española...

⁵¹ GARCÍA CAMARERO, E.: *El ordenador y la creatividad en la Universidad de Madrid a finales de los sesenta*, op. cit., págs. 182-183.

⁵² BRIONES MARTÍNEZ, F.: *Arte y ordenadores en el XVII SIMO y sus antecedentes*, op. cit., pág. 11.

Si consideramos al Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid como una sola planta, podría haberse aplicado, como se hace con las dalias, la técnica de eliminar la mayor parte de los tallos y botones para fortalecer los que quedan y obtener flores mayores. Desde luego, pude haber impedido el nacimiento de otros seminarios, pero nunca me pareció correcto eliminar otros proyectos que quizá hubiesen podido llegar a dar flores igualmente hermosas⁵³.

Cuando el arquitecto Javier Seguí de la Riva dice, a fin de ofrecer una explicación del debilitamiento «de lo que podría llamarse orientación informática de la arquitectura, en beneficio de un reforzamiento sustancial de la corriente artesanal ideológica», que es posible que la euforia por el arte tecnológico disminuyese drásticamente hacia 1973-74 como consecuencia de la crisis del petróleo, indirectamente está proporcionando una de las claves para dilucidar las razones de la desaparición de los seminarios del CCUM, si bien, para cuando comienzan a vislumbrarse los efectos de aquella crisis, el seminario de arte hacía ya tres años que había dejado de despertar entusiasmo entre sus protagonistas⁵⁴.

En cuanto a la fecha de extinción del seminario, ya hemos manifestado que se sitúa al final del curso académico 1972-73. Durante este último curso, sin embargo, su labor es ya muy débil y dispersa, apareciendo sólo un número del Boletín del Centro en el que se da cuenta de sus actividades. Este Boletín, el último del CCUM en el que se incluye una sección, como era la costumbre, dedicado al seminario de Generación Automática de Formas Plásticas, es el número 21, correspondiente al mes de diciembre de 1972. La lista de participantes aparecida en este Boletín, asimismo la última de que se tiene constancia en relación a las reuniones del seminario celebradas en el Centro de Cálculo, está compuesta por las siguientes personas: Florentino Briones, Ana Buenaventura, M. A. García Fernández, José Luis Gómez Perales, F. J. González Estecha, F. Martínez Villaseñor, Enrique Salamanca, Guillermo Searle, Eusebio Sempere, Soledad Sevilla y José María Yturralde, nómina que pone de relieve la constancia y fidelidad a la experiencia que aún mantenían algunos de los más destacados miembros de la etapa inicial, a pesar de la sensación dominante de que el seminario había dado prácticamente de sí todo lo que podía y que la experiencia había que considerarla razonablemente agotada. El siguiente Boletín, el número 22, de marzo de 1973, si bien incluye un importante artículo de Ignacio Gómez de Liaño y el arquitecto Guillermo Searle sobre «Pintura y perceptrónica», lo contempla como un texto aislado,

⁵³ *Ibídem*, pág. 12.

⁵⁴ Véase, SEGUÍ DE LA RIVA, F. J.: «Arquitectura e informática», en *Arte e Informática*, Madrid, Fundación Citema, 1980, págs. 13-24.

sin conexión oficial alguna con las actividades del seminario, aunque éste sigue celebrando sus reuniones en el Centro hasta junio de 1973. La fecha simbólica de desaparición del seminario a que se ha referido Briones, el 18 de diciembre de 1974, haciendo de este modo coincidir el día y el mes del «nacimiento» y «muerte» del seminario⁵⁵, hay que tomarla tan sólo, como él dice, como «fecha simbólica», ya que durante el curso 1973-74 el seminario, aunque con el mismo nombre, no celebró ya sus reuniones en el Centro de Cálculo, sino en la Escuela Superior de Arquitectura de la Complutense, adonde el seminario, con apenas asistentes de la etapa en que estuvo funcionando en el Centro de Cálculo, se había trasladado bajo la coordinación de Briones y gracias a la invitación efectuada por Javier Seguí de la Riva, catedrático a la sazón en la citada Escuela⁵⁶.

El número de comunicaciones de miembros del seminario publicadas en el Boletín del Centro se reduce drásticamente durante los tres últimos cursos, siendo las más destacadas los artículos de Briones sobre descripciones de programas informáticos, uno de los cuales sería usado por Sempere para realizar su famoso autorretrato computerizado, y que ponen de manifiesto los esfuerzos desarrollados por el CCUM durante la etapa en que Briones dirigió el seminario por difundir entre sus participantes el manejo de programas y aprender los conceptos básicos de la programación, a fin de poderlos crear los mismos artistas⁵⁷; un pequeño texto introductorio de Javier Seguí de la Riva acerca de la pintura sobre redes moduladas⁵⁸ y el artículo de Gómez de Liaño

⁵⁵ Véase, BRIONES MARTÍNEZ, F.: *Arte y ordenadores en el XVII SIMO y sus antecedentes*, op. cit., pág. 8.

⁵⁶ Varios años más tarde, en la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, se creó a comienzos del curso académico 1980-81 un seminario de Arte e Informática coordinado asimismo por Briones y que llegó a editar, aunque de modo muy rudimentario, un Boletín en el que colaboraron, entre otros, Javier Maderuelo y José Iges. En algunos de sus números se reprodujeron destacados artículos aparecidos en los años de funcionamiento del seminario de Formas Plásticas del CCUM, como, por ejemplo, el famoso artículo de Herbert W. Franke publicado en el catálogo de la exposición *Impulsos: arte y ordenador*, publicado ahora en el Boletín nº 2 del mencionado seminario de la Politécnica, acompañado de un comentario crítico de Javier Maderuelo.

⁵⁷ Véanse los Boletines del CCUM núms. 17 (diciembre 1971), 18 (marzo 1972), 19 (junio 1972) y 21 (diciembre 1972).

⁵⁸ Véase, *Boletín* del CCUM, núm. 18, marzo 1972, págs. 1-3.

y Guillermo Searle sobre las relaciones entre pintura y «perceptrónica» a que hemos hecho ya referencia⁵⁹.

⁵⁹ Véase, *Boletín del CCUM*, núm. 22, marzo 1973, págs. 73-93.

4.4. Exposiciones y actividades relacionadas con la práctica artística organizadas por el CCUM o que contaron con la colaboración de este organismo.

4.4.1. Curso 1968-69.

Al finalizar el primer curso académico de funcionamiento del seminario, la dirección del Centro de Cálculo estimó conveniente programar una serie de actos que sirviesen de compendio de la novedosa experiencia. Entre las actividades que se programaron para la clausura del curso, y que se desarrollaron a partir del 25 de junio de 1969, la más importante sin duda fue la exposición *Formas computables*, ubicada en la planta sótano del propio Centro y abierta al público entre los días 25 de junio y 12 de julio. En ella se exhibían obras de José Luis Alexanco, Amador Rodríguez, Elena Asins, Barbadillo, Equipo 57, Tomás García Asensio, Lily Greenham, Luis Lugán, Manuel Quejido, Abel Martín, Piet Mondrian, Eduardo Sanz, F. Javier Seguí de la Riva, Soledad Sevilla, Eusebio Sempere, Victor Vasarely y José María López Yturalde¹.

Antes de nada debe aclararse que, aunque en el catálogo de la muestra aparece reproducida una obra de Mondrian, *Composición con rojo, amarillo y azul*, de 1921, en realidad no llegó a colgarse ni ese ni ningún otro trabajo original del neoplasticista holandés en la exposición, sino que lo que se mostró fueron algunos trabajos realizados con la computadora en el Centro de Cálculo a partir de una composición de Mondrian. El interés en la producción abstracto geométrica de Mondrian está presente en el seminario desde el instante mismo de su creación², según pone especialmente de relieve el amplio estudio que le dedicó Elena Asins en la primera publicación importante editada por el Centro en relación al seminario de Formas Plásticas, el ya citado libro *Ordenadores en el arte*, publicado en 1969 (ver cap. 3, nota 57, pág. 60). Respecto al otro gran artista extranjero que figura en el catálogo, el pintor húngaro Victor Vasarely, uno de los más grandes representantes mundiales de la tendencia óptico-cinética, sí figuró obra original en la exposición, concretamente un trabajo de 1967 titulado *Sellem*, un múltiple de 36 x 38 cms. cuya edición constaba de 50 ejemplares³. La inclusión de Vasarely en la muestra bien pudo deberse al interés que algunos miembros del seminario, caso de Aguilera Cerni e Yturalde, manifestaban hacia las corrientes artísticas vincu-

¹ A excepción de Mondrian, de quien se consignaban algunos datos muy generales, del resto de los participantes ofrecía el catálogo de la muestra, en un muy completo cuadro comparativo desplegable, abundantes indicaciones sobre sus respectivas trayectorias hasta 1969.

² En la reunión fundacional del seminario se habló expresamente de la utilidad que, como punto de arranque de la investigación que se iba a realizar, tenía la obra de Mondrian, junto a la de Kasimir Malevich, Josef Albers y Vasili Kandinsky. Véase, *Boletín* del CCUM, núm. 1, diciembre 1968, pág. 16.

³ Esta obra se expuso por cortesía de la galería madrileña Juana Mordó.

ladas con la *Gestalt* y la psicología de la percepción⁴, además de la «admiración» que hacia ese artista sentía Sempere⁵.

Entre los participantes en la muestra, Amador y Lily Greenham no formaron nunca parte del seminario madrileño, aunque por una u otra razón, bien fuese por los lazos de amistad que les unían a algunos de sus miembros, bien por el interés que en un determinado momento despertaron en ellos sus actividades, llegaron, como es el caso, a colaborar puntualmente en algunas de ellas. El primero, de una escultura con temática primitivista realizada en bronce y madera que le caracterizaba hacia 1958, había evolucionado, después de una «apertura de espacios en la figuración» y de la «sustitución del volumen por el espacio», hasta el abandono de «la representación del objeto» a principios de los sesenta. Inicia, así, una «búsqueda de la delimitación del espacio que circunda a los objetos por medio de tensiones de alambre acerado». Después de incorporar el móvil en su obra y de usar preferentemente el plástico, el agua, el hierro y la madera en 1964, su producción se hace más racionalista y dinámica al año siguiente, orientándose hacia una «desmaterialización de la esfera y el disco». En 1966, realiza esculturas redondas en hierro, bronce y piedra, adoptando «el módulo como forma de humanismo» en 1968. En *Formas computables* presentó una escultura modular cuyas caras exteriores formaban un cubo de 20 cms., realizada en hierro pavonado, lo que le daba una particular tonalidad azulada oscura⁶. Por su lado, Lily Greenham, ads-

⁴ Véanse, a este respecto, los siguientes escritos de Aguilera Cerni: «*Antes del Arte*»: sobre un propósito y un significado. Valencia, Colegio de Arquitectos, 1968; *Antes del Arte: una hipótesis metodológica*. Madrid, Galería Eurocasa, 1968; «Notas sobre Antes del Arte», en GARNERÍA, J. (coord.): *Antes del Arte*, op. cit., págs. 15-33.

⁵ La admiración de Sempere por Vasarely, a quien conoció en París, entre 1953-54, a través de la mítica galería Denise René, puede rastrearse a través de muchos de sus escritos. Entre ellos, merecen destacarse los siguientes: «Yo veo el arte en 1956, así» (diario *Levante*, Valencia, 1 de octubre de 1956); «Dos tendencias actuales de la pintura abstracta» (7ª *Exposición Arte Actual del Mediterráneo*, Movimiento Artístico del Mediterráneo, Valencia, octubre 1958), donde llega a calificarlo como «uno de los más destacados continuadores de la directriz constructivista de Mondrian»; «Aprendí la técnica de la serigrafía...» (*Eusebio Sempere*. Obra Gráfica, Galería 42, Barcelona, noviembre de 1974); «Vasarely en Madrid» (*Guadalimar*, núm. 2, Madrid, 5 de mayo de 1975, pág. 37), donde lo eleva a la categoría de «uno de los grandes pintores de nuestro siglo»; «Encuentros» (*Cuadernos Guadalimar*, núm. 1, Madrid, Ediciones Rayuela, 1977, págs. 35-38) y «Forma, movimiento, comunicación» (en F. Soria y J. M. Almarza-Meñica [coord.], *Arte contemporáneo y sociedad*, Salamanca, Instituto Superior de Filosofía de Valladolid/Editorial San Esteban, 1981, págs. 59-63). Esta admiración, por sólo ceñirnos a la exposición del Centro de Cálculo que estamos comentando, también se extendía a Mondrian, según revelan el artículo del diario *Levante*, el texto para la 7ª *Exposición Arte Actual del Mediterráneo*, y los escritos «Otra dimensión» (*Otra dimensión*, Galería Theo, Madrid, noviembre-diciembre de 1979) y «Forma, movimiento y comunicación», donde dice de Mondrian que, junto a Picasso, es el más grande pintor del siglo XX. Todos estos textos de Sempere están ahora compilados en CASANOVA, M. (coord.): *Eusebio Sempere. Una antología, 1953-1981*. Valencia, Instituto Valenciano de Arte Moderno, 1998, págs. 283-308.

⁶ Sobre Amador (Cangas de Narcea, Asturias, 1926), además del catálogo de la muestra *Formas computables*, del que he extraído los datos sobre su trayectoria hasta 1969, pueden consultarse los catálogos de las siguientes exposiciones: *Forma y medida en el arte español actual* (Madrid, salas de la Dirección General de Bellas Artes, 1977), *Arte geométrico en España 1957-1989* (Madrid, Centro Cultural de la Villa, 1989) y *Madrid, el arte de los sesenta* (Madrid, sala de exposiciones de la Comunidad de Madrid, 1990).

crita por entonces a los círculos valencianos, era una creadora estrechamente relacionada desde finales de los cincuenta con diversos campos de la expresión artística contemporánea (música, *happening*, poesía concreta, pintura abstracta) y que desde mediados los sesenta se movía con desenvoltura en los ambientes artísticos europeos de neovanguardia (contactos en París con el prestigioso grupo de experimentación en el campo óptico *Recherche d'art visuel*, íntimamente ligado a la galería Denise René; adscrita a *Nouvelle tendance*⁷; contactos con Max Bense, Max Bill, Abraham Moles y Kurd Alsleben); la que presentaba era una obra característica de sus preocupaciones en el ámbito de la psicología de la percepción, un entramado abstracto-geométrico que recordaba vagamente las composiciones de esa época de Yturralde.

La presencia en la muestra del Equipo 57 debíase sin duda al creciente prestigio que el ya disuelto grupo iba adquiriendo en los ambientes artísticos vinculados a las corrientes constructivistas, la abstracción geométrica y, en general, el arte normativo. Además de algunas esculturas, los cuadros expuestos eran asimismo característicos de la investigación desarrollada por el Equipo 57 en torno a la interactividad del espacio plástico⁸.

El resto de los participantes en la colectiva eran ya o llegarían a serlo muy pronto miembros del seminario del Centro de Cálculo. Alexanco, Barbadillo, Quejido, Abel Martín, Seguí de la Riva, Soledad Sevilla, Sempere e Yturralde presentaron trabajos relacionados con el resultado de sus investigaciones en el primer curso de funcionamiento del seminario. Los que todavía no se habían incorporado, García Asensio, Lugán y Eduardo Sanz, exponían obras que los definían con precisión en ese periodo de su evolución, esto es, análisis científicos sobre el color, artefactos⁹ en los que se combinaba lo auditivo-visual-táctil-electrónico y estructuras vidriadas de repetición de imágenes, respectivamente. Elena Asins, por su parte, presentaba dibujos geométricos susceptibles de un posterior tratamiento informático, cuya complejidad y mecánica reiteración se hubiese visto sin duda atemperada con el auxilio de la computadora, en la línea de lo apuntado por García Camarero en sus palabras introductorias al catálogo de la muestra.

Los trabajos expuestos, por tanto, bien fuese porque en su realización se contó con el concurso expreso de la computadora¹⁰, bien fuese porque eran susceptibles de ser tratados con la máquina, constituían la primera exhibición

⁷ Acerca de *Recherche d'art visuel* y *Nouvelle tendance*, véase, AGUILERA CERNI, V. (coord.): *Diccionario del arte moderno*. Valencia, Fernando Torres, 1979, págs. 462 y 382.

⁸ Sobre el Equipo 57 pueden consultarse, JULIÁN, I.: *El arte cinético en España*. Madrid, Cátedra, 1986, págs. 91-116 y 257-293, así como GONZÁLEZ ORBEGOZO, M. (coord.): *Equipo 57*. Madrid, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía / Ministerio de Cultura, 1993. Éste último es el catálogo de la retrospectiva que dedicó el Reina Sofía al Equipo 57 y constituye la más completa publicación sobre el legendario grupo editado hasta la fecha en España.

⁹ Los artefactos de Lugán, de fuerte contenido desacralizador e irónico, continuaban con extraordinaria originalidad la senda abierta por otros autores que habían expuesto sus obras en *Cybernetic Serendipity*, caso de Bruce Lacey, Nam June Paik y John Billingsley.

¹⁰ Sólo en los casos de Barbadillo, Yturralde y Sempere.

pública que se hacía en España de las potencialidades del ordenador aplicado a las artes plásticas, así como una demostración de arte concreto, en cuanto

que las formas abstracto-geométricas eran predominantes en la muestra¹¹.



Fig. 4.8. Actos de clausura del curso 68-69 en el CCUM. Entre otros, aparecen Camarero, García Asensio, Barbadillo y Mario Barberá.

Paralelamente al desarrollo de la exposición se programó, además de un recital de poesía experimental a cargo de Lily Greenham y la proyección de algunas películas, un ciclo de conferencias para los días 26 y 27 de junio pronuncia-

das por García Camarero, Barbadillo, Aguilera Cerni, Silvio Ceccato, Seguí de la Riva y José Miguel de la Prada Poole. Cada uno de los ponentes acotó en su intervención la temática que en aquel momento centraba su interés en relación con el empleo de la computadora al campo de la estética y de las artes plásticas. García Camarero hizo una apretada síntesis de la breve historia del seminario, poniendo de manifiesto las dificultades y críticas surgidas, aunque manifestando también su optimismo ante las posibilidades que se le abrían al arte en la nueva era de la informática. Barbadillo, por su parte, se centró en su experiencia personal con la calculadora electrónica y cómo ésta había supuesto una ayuda inestimable en la evolución de su obra modular. Aguilera Cerni, en cambio, en correspondencia con su formación teórica y su preocupación crítica en torno al lenguaje artístico, se refirió al importante papel desempeñado por la semiótica en el análisis de los productos estéticos. El profesor Ceccato, muy atento desde el Centro de Cibernética de la Universidad de Milán al desarrollo de la experiencia madrileña, abordó los complejos mecánicos desde una perspectiva psicológica. Seguí de la Riva señaló la posibilidad de una semántica de la obra de arte, resaltando la contribución de algunas teorías psicológicas a las que en cierto modo se pliega la computadora en su funcionamiento. José Miguel de la Prada Poole, por último, trasladó al campo de la estética los esquemas de la teoría de la información de Shannon y Weaver, siguiendo las indicaciones propuestas por Max Bense y Abraham Moles.

¹¹ El que después sería coordinador del seminario calificó con razón la muestra de «altamente representativa de la pintura concreta española de entonces». Véase, GÓMEZ DE LIAÑO, I.: «Electrónica y formas plásticas en el Centro de Cálculo», diario *Madrid*, 2 de junio de 1969.

A modo de conclusión de su documentada reseña periodística sobre el contenido de las diferentes ponencias, afirmaba Gómez de Liaño:

Teniendo en cuenta el carácter expresamente «elemental» de todas las ponencias, resulta difícil hilar una crítica coherente que probablemente vendrá tras los trabajos que el próximo año se realicen. Al menos, importantes problemáticas en torno a la obra de arte han quedado planteadas. Esperemos, pues, que en el próximo seminario [se refiere al curso siguiente] se profundicen y aclaren los niveles en que han de ser aprehendidas. Casi puede asegurarse que no faltarán los artistas interesados en la temática en un momento como el nuestro, en que el artista, más taxativamente que nunca, ha de encararse con las cuestiones técnicas y analíticas de su quehacer artístico. Es mi opinión que lo que en la mayoría de las ponencias sobró fueron ciertas dosis de psicologismo que creo son irrelevantes en el estudio del objeto artístico. En todo caso, esto no es más que una cuestión de detalle, aunque sea importante. Lo que sí es preciso señalar más acusadamente en lo sucesivo es el nivel sociológico de la obra de arte, en cuyas concreciones adquiere «sentido» la sintaxis y morfología de un trabajo artístico. Eliminar esta dimensión es desenfocar cualquier tipo de analítica acerca de la obra de arte¹².

De otro lado, tanto la exposición *Formas computables* como el ciclo de conferencias con que se clausuró el curso académico 1968-69 en el CCUM, quizás por una interpretación apresurada de lo que estaba ocurriendo en un sector de la institución arte, quizás por la excesiva influencia que se concedía entonces en algunos ambientes a la tecnología en el devenir de las artes, generaron expectativas que sólo muy parcialmente o en ningún caso llegarían a cumplirse después. Es el caso de Raúl Chávarri, quien habló de dos posibles consecuencias de la experiencia madrileña: un replanteamiento de las exigencias temporales en materia de producción de la obra artística, y una posibilidad de colectivización de la experiencia artística a la que la máquina da un perfil y una dimensión diferentes¹³.

¹² GÓMEZ DE LIAÑO, I.: «Arte y tecnología en el Centro de Cálculo», diario *Madrid*, 17 de julio de 1969. Respecto a la relevancia concedida por Gómez de Liaño al factor sociológico en la obra de arte, recuérdese la objeción de García Camarero a las voces que, como la de Ramón Garriga, solicitaron en más de una ocasión en las reuniones del seminario una mayor atención al citado factor, hasta el punto de hacer de él el núcleo de las investigaciones del grupo de trabajo. Para el subdirector del Centro de Cálculo, los estudios emprendidos por el seminario no podían «entretenerse en variables excesivamente indeterminadas como las sociológicas», respuesta que descubre la claridad de ideas de García Camarero respecto al propósito de la experiencia del CCUM, al tiempo que confirma su conocimiento de los escritos de Norbert Wiener, en concreto la réplica que, según hemos visto en el epígrafe 2.3. de este trabajo, brindó el científico estadounidense a aquellos sociólogos y antropólogos que pretendían extender el campo de aplicación de la cibernética a las ciencias sociales. Gómez de Liaño, por su parte, lo cual podría interpretarse como una matización a la opinión vertida pocos meses antes en la citada crónica periodística, manifestó en la reunión mantenida por el seminario el 20 de octubre siguiente que a pesar de la importancia del factor sociológico, ya Marx «mostró la dificultad de relacionar *in concreto* el producto cultural y las condiciones materiales dentro de las cuales se produce en el sentido de su cualificación estética». Sobre esta polémica, véase, *Boletín* del CCUM, núm. 7, noviembre 1969, págs. 3-4.

¹³ Véase, CHÁVARRI, R.: «El arte y la computadora». Madrid, diario *Ya*, 10 de agosto de 1969.

También en junio de 1969 el CCUM publicó el libro *Ordenadores en el arte*, donde, a pesar de haber sido concebido como un resumen del seminario celebrado durante el curso 1968-69, su rico e interesante contenido sobrepasa ampliamente esta intención inicial y lo convierte en la publicación de mayor enjundia de toda la historia del seminario.

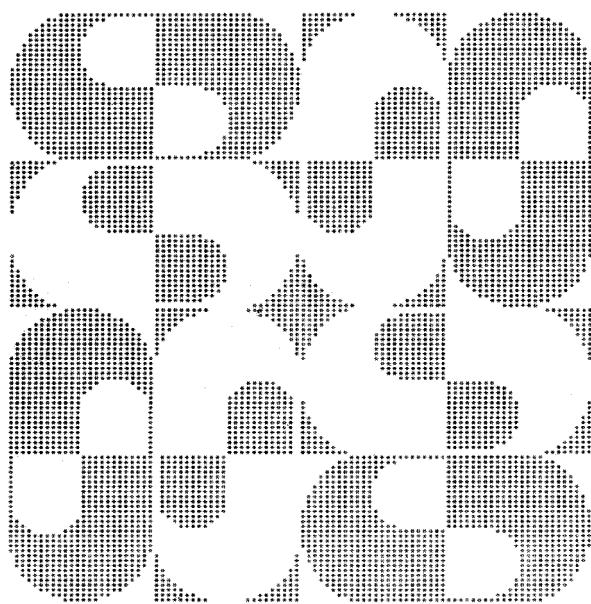


Fig. 4.9. Barbadillo. Gráfico de ordenador (1968-69). El ordenador elabora todas las posibles combinaciones de elementos y las genera a través de una impresora. La selección se hace desde puntos de vista subjetivos.

El libro se abría con un prólogo de Ernesto García Camarero (págs. 1-3), probablemente la mejor síntesis que se ha escrito sobre la filosofía y el espíritu del seminario, precisamente en el momento en que más acentuado era el entusiasmo de sus miembros en el proyecto. A continuación, como un nuevo homenaje al Equipo 57 junto a su participación en la muestra *Formas computables*, se reproducía uno de sus textos teóricos más emblemáticos, «La interactividad del

espacio plástico en pintura» (págs. 5-11), de diciembre de 1959 y originalmente publicado en el catálogo de la exposición del Equipo en la sala Darro de Madrid en mayo de 1960, precedido de un corto escrito también del Equipo (pág. 4) que había sido publicado por primera vez en el catálogo de la exposición en el Club Urbis de Madrid en abril de 1959. Además de estos textos del Equipo, se incluyó la carta que Vasarely dirigió a Florentino Briones, con fecha 19 de mayo de 1969, excusando su no asistencia a los actos de clausura del curso 1968-69, a los que había sido invitado para dar una conferencia sobre su experiencia en el uso de la computadora en la investigación plástica, aunque se ofrecía a colaborar en el futuro inmediato con el CCUM (pág. 77).

El resto de los artículos, esto es, prácticamente todo el volumen, constituye un completo recorrido por el amplio espectro de preocupaciones estéticas que en aquellos momentos embargaban a los miembros del seminario. El conjunto de mayor interés es sin duda el formado por los escritos de Alexanco («Posibilidades y necesidad del análisis de un proceso intuitivo», págs. 24-33), Barbadillo («El ordenador. Experiencias de un pintor con una herramien-

ta nueva», págs. 13-16, y «Materia y vida», págs. 17-23) e Yturralde («Sistematización del análisis pictórico con vistas a la generación plástica con ordenador», págs. 35-40, y «Ejemplo de una aplicación metodológica continuando un trabajo sobre estructuras geométricas», págs. 41-45), en que daban cuenta pormenorizada de sus experiencias con el ordenador durante el curso que acababa de concluir. Un segundo grupo de artículos, integrado por una miscelánea donde se contemplaban desde generalidades de teoría estética y algunas investigaciones particulares en este campo hasta consideraciones asimismo generales sobre Mondrian y el *computer art*, estaba firmado por Lily Greenham («Algunos comentarios a propósito del tema: arte y computadora», págs. 46-48), Seguí de la Riva («Estética - Información», págs. 49-56, y, en colaboración con M. de las Casas Gómez y Francisco Javier Rodríguez López-Cañizares, «Relación entre el Rorschach, el Wartegg y la expresión artística», págs. 57-69), Yturralde («Computer art», págs. 75-76) y Elena Asins («Consideraciones generales sobre la obra de Mondrian», págs. 79-86). El último bloque, junto a una propuesta de José Miguel de la Prada Poole («Proposición para la obtención de un criterio de selección en la obra pictórica combinatoria», págs. 70-74), lo constituían los programas de análisis que con el ordenador se habían realizado durante el curso de la obra de Barbadillo, Mondrian e Yturralde, elaborados respectivamente por Isidro Ramos Salavert / Lorenzo Carbonell Soto («Programa de análisis de la obra de Manuel Barbadillo», págs. 89-92), E. García Camarero / M. Sánchez García («Análisis de un aspecto de Mondrian», págs. 87-88) y Guillermo Searle / Isidro Ramos («Programas de análisis de figuras imposibles de José María Yturralde»)¹⁴.

4.4.2. Curso 1969-70.

Antes de su terminación, la actividad más destacada organizada exclusivamente por el CCUM durante el curso académico 1969-70 fue la conferencia pronunciada por Abraham Moles en enero sobre *Heurística de la imagen cinematográfica*, en la que puso a contribución las modernas teorías informáticas y estructuralistas, así como los avances de la tecnología electrónica¹⁵. Con motivo de su presencia en España, Ignacio Gómez de Liaño le hizo una entrevista para el diario *Madrid*, en la que el conocido teórico de la comuni-

¹⁴ No obstante el interés general que ofrece el libro, sin embargo es justo reconocer que algunos de los artículos están redactados en un lenguaje a veces críptico que los hace de difícil comprensión para los no iniciados. El crítico Miguel Masriera, por ejemplo, se refería en una reseña a la redacción ininteligible de algunos párrafos de las comunicaciones de Alexanco e Yturralde. Véase, MASRIERA, M.: «La creación con ordenadores. Arte y sintaxis». Barcelona, diario *La Vanguardia*, 22 de mayo de 1970.

¹⁵ «La heurística o ciencia de la *creatividad* trata de reunir métodos en orden a fertilizar al espíritu humano». *La comunicación y los mass media*, op. cit., pág. 332.

cación expuso sus principales ideas en torno a la relación entre el arte y las nuevas tecnologías¹⁶.

En el mes de abril tuvieron lugar dos acontecimientos de particular trascendencia para nuestro asunto. El primero de ellos fue la Jornada de Información que se desarrolló en París para tratar monográficamente el tema de «La creación por ordenador», organizada por el Servicio de Desarrollo Científico de IBM Francia con el concurso del CCUM y que se celebró, dividida en dos sesiones de mañana y tarde, en el edificio de IBM en la plaza Vendôme. La destacada participación que en ella tuvo la cúpula directiva del organismo madrileño puso ampliamente de relieve el prestigio y la firme proyección internacional de la experiencia española. La sesión de la mañana estuvo dedicada a los intervinientes franceses, Pierre Demarne y H. Valabregue. Demarne, consejero científico de IBM, centró su comunicación en la posibilidad efectiva de la creación artística a través de la computadora, opinión que hemos resumido en el apartado 3.5. de este trabajo. La señora Valabregue, por su parte, habló de «La creación lingüística por ordenador». La sesión de la tarde se dedicó por entero a las intervenciones españolas, que corrieron a cargo de Briones, García Camarero y Mario Barberá. El rigor de sus exposiciones y la detallada narración de sus experiencias en el seminario madrileño impresionaron vivamente al público asistente¹⁷.

El segundo de esos acontecimientos fue el Congreso de Automática que se celebró en Madrid, a partir del 14 de abril, organizado por la Asociación Española de Automática. Esta reunión, en la que, entre otros, participaron los profesores García Santesmases y Segovia Torres, llamó la atención sobre el papel cada vez más relevante del automatismo informático en la sociedad contemporánea, con sus aplicaciones en los dominios de la docencia, la investigación científica, las nuevas técnicas de documentación y clasificación, etc. Sus sesiones concitaron sobradamente el interés de los responsables del Centro de Cálculo y de los miembros de sus numerosos seminarios interdisciplinares¹⁸.

También en abril de 1970 el Centro de Cálculo publicó el libro *L'ordinateur et la créativité*. La introducción de García Camarero reproducía prácticamente el contenido del prólogo que había escrito para *Ordenadores en el arte*. De este libro, asimismo se reproducían, traducidos ahora al francés,

¹⁶ GÓMEZ DE LIAÑO, I.: «Entrevista a Abraham Moles», diario *Madrid*, 15 de enero de 1970. Lo más significativo de las declaraciones de Moles aparece recogido en el apartado sobre la teoría estética del arte del computador de este trabajo.

¹⁷ Sobre la Jornada de Información de París, pueden consultarse: CALVO HERNANDO, M.: «Pinturas con máquina calculadora, presentadas por españoles en París». Madrid, diario *Ya*, 11 de abril de 1970; CALVO HERNANDO, M.: «Máquinas que pintan y componen música». Madrid, diario *Ya*, abril 1970; MASRIERA, M.: «La escuela francesa». Barcelona, diario *La Vanguardia*, 1-5-1970.

¹⁸ Sobre este Congreso de Automática y el impacto cada vez mayor de la informática en la sociedad española, especialmente en el ámbito universitario, véase, BOTELLA LLUSIÁ, J.: «La Automática y la Universidad». Madrid, diario *Abc*, 31 de mayo de 1970.

dos artículos de Barbadillo y otro de Yturralde¹⁹. De Florentino Briones aparecía un artículo, «Peinture modulaire» (págs. 65-88), que quería ser un ejemplo sencillo de programa a partir del cual pudiesen realizarse composiciones modulares como las de Barbadillo, artículo que también había sido ya publicado por el Boletín del CCUM de enero de ese año, aunque completado ahora con dos nuevos apartados referidos a las reglas de simetría y a las fases segunda y tercera de la forma de trabajar con la calculadora²⁰. De Manuel Quejido, por su parte, también se incluía un artículo, «Génération d'un champ de structures concrète-cinétiques planes» (págs. 105-113), que ya había sido publicado, bajo el título «El problema del movimiento enfocado desde la nueva plástica», en el Boletín del CCUM del mes de febrero del mismo año. No publicados con anterioridad, aparecían dos artículos de José Miguel de la Prada Poole, «Introduction a l'esthétométrie hypothétique» (págs. 89-99) y «Actions gravitatoires dans la composition» (págs. 101-103).

Al igual que había ocurrido al finalizar el curso anterior, también ahora al concluir el curso académico 1969-70 el CCUM organizó una serie de actividades, entre las que sobresalió especialmente la exposición *Generación automática de formas plásticas*, celebrada en la planta sótano del edificio del Centro entre el 22 de junio y el 4 de julio de 1970. Los artistas participantes fueron los siguientes: José Luis Alexanco, E. Robert Ashworth, Manuel Barbadillo, Gerardo Delgado, Tomás García Asensio, José Luis Gómez Perales, Auro Lecci, Luis Lugán, Leslie Mezei, Petar Milojevic, Frieder Nake, Georg Nees, A. Michael Noll, Manuel Quejido, Zoran Radovic, Roger P. Saunders, Eusebio Sempere y Soledad Sevilla.

Como puede comprobarse, el número de destacados artistas extranjeros invitados (procedentes de Alemania, Canadá, Estados Unidos, Italia y Yugoslavia) fue muy importante, circunstancia que, además de proporcionarle un indiscutible aire cosmopolita a la exposición, ponía de manifiesto el creciente prestigio internacional del seminario madrileño. Sobre sus respectivas contribuciones ya nos hemos referido en el epígrafe 3.1. Sólo recordar que de cada uno de ellos incluía el catálogo un sugestivo y oportuno texto acerca de su particular concepción artística. Los miembros del seminario participantes en la exhibición, por su lado, de los que también se reproducía un texto en el catálogo, mostraban los resultados de sus últimos trabajos en el Centro de Cálculo, a excepción de Lugán, quien, dada la idiosincrasia de su método y su obsesión en la construcción de artefactos, no requerían el concurso de la computadora.

¹⁹ Los artículos de Barbadillo eran «El ordenador. Experiencias de un pintor con una herramienta nueva» y «Materia y vida». El artículo de Yturralde que se traducía era el titulado «Ejemplo de una aplicación metodológica continuando un trabajo sobre estructuras geométricas».

²⁰ El mismo artículo publicado en el Boletín del CCUM, es decir, sin los añadidos que ofrecía *L'ordinateur et la créativité*, se encuentra también publicado en *Arte e informática*. Madrid, Fundación Citema, 1980, págs. 69-84.

La muestra tuvo una amplia repercusión en la prensa nacional, si bien algunos medios la presentaban de manera inexacta, según se desprende de expresiones como «máquinas para pintar»²¹, «los computadores pintan»²², «la máquina se divierte»²³ y «los ordenadores ‘exponen’ sus obras de arte»²⁴. En unas breves declaraciones al diario *Madrid*, Florentino Briones tuvo una vez más que explicar el carácter de herramienta de trabajo que era el ordenador, con el consiguiente ahorro de tiempo para el artista y el ofrecimiento a éste de posibilidades formales insospechadas, pero limitándose a realizar las instrucciones del programa informático²⁵. La crónica más completa y rigurosa fue la publicada en el diario *Informaciones*, donde se calificaba la muestra como de un gran acontecimiento artístico que descubría los substanciales cambios que se estaban operando en el mundo de la creación estética²⁶. Sin embargo, también en esta ocasión el texto de referencia fue la presentación que de la colectiva hacía en el catálogo García Camarero.

A partir del 22 de junio, lunes, y durante cuatro días se desarrolló, paralelamente a la exposición, un denso programa de actividades. El primer día presentaron el resultado de sus investigaciones en forma de breves comunicaciones Barbadillo, Gómez Perales y Soledad Sevilla, junto a una conferencia de Briones que, bajo el título de «Pintura modular», repetía el contenido del artículo homónimo ya publicado en el Boletín del CCUM y en el libro *L'ordinateur et la créativité*. El martes 23 tuvieron lugar las comunicaciones de Alexanco, Gerardo Delgado y Manuel Quejido, además de una conferencia de Alan Sutcliffe sobre «The development of the Computer Arts Society», de la que era director desde su fundación a finales de 1969. El miércoles 24 presentaron sus comunicaciones García Asensio, Lugán y Sempere, aunque lo más relevante de la jornada fue la enjundiosa conferencia del profesor H. W. Franke, quien disertó sobre «Computergraphik und Kybernetische Ästhetik», de la que ofreció un amplio resumen el Boletín del CCUM en su número 12 (junio de 1970). El último día, el jueves 25, pronunciaron conferencias García Camarero, sobre «Gramáticas plásticas», Gómez de Liaño, sobre «Alcances y límites de la artemática» y De la Prada Poole sobre «Estetometría hipotética», ésta última con un contenido que había sido ya avanzado en *L'ordinateur et la créativité*.

²¹ GONZÁLEZ, F. A.: «Máquinas para pintar». Madrid, diario *Ya*, 27 de junio de 1970; CALVO HERNANDO, M.: «Máquinas para pintar. Sugestivas experiencias en el Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid». Madrid, diario *Ya*, 21 de julio de 1970.

²² Véase la crónica de Pérez Gallego en el *Heraldo de Aragón*, Zaragoza, 23 de junio de 1970.

²³ CARABIAS, J.: «La máquina se divierte...». Madrid, diario *Ya*, 24 de junio de 1970.

²⁴ RODRÍGUEZ, M.: «Los ordenadores ‘exponen’ sus obras de arte». Madrid, diario *Madrid*, 24 de junio de 1970.

²⁵ *Ibidem*.

²⁶ Véase, CASTRO ARINES, J.: «Las formas plásticas de generación automática». Madrid, diario *Informaciones*, 9 de julio de 1970.

4.4.3. Curso 1970-71.

En el edificio del Centro de Cálculo sólo se celebraron dos exposiciones, las ya comentadas *Formas computables* al finalizar el curso 1968-69 y *Generación automática de formas plásticas* al concluir el curso 1969-70. La única muestra directamente organizada por el organismo universitario durante los tres últimos cursos de actividad del seminario, *Formas computadas*, se ubicó físicamente en otro lugar, en concreto en el Ateneo de Madrid. La causa de por qué a partir del curso 1970-71 las dependencias del Centro de Cálculo no albergaron ya más exposiciones fue principalmente que debido al éxito de las anteriores exposiciones y a la reputación que iba tomando entre algunos importantes círculos artísticos la experiencia del seminario, hubo instituciones y organismos que ofrecieron sus instalaciones para que en ellas se llevaran a cabo eventos de esa naturaleza organizados por el Centro de Cálculo o en los que participasen los artistas miembros del seminario.

Entre marzo y abril de 1971 tuvo lugar en el Palacio de Congresos y Exposiciones de Madrid, con ocasión de un Simposium europeo sobre diseño por ordenador organizado por IBM, la muestra *The computer assisted art*, en la que participaron todos los artistas de relieve vinculados al seminario del Centro de Cálculo (Teresa Eguibar y Lorenzo Frechilla no formaban parte de él), a excepción de Manuel Barbadillo, quien ya por entonces había prácticamente dejado de asistir a las reuniones²⁷. Fueron los siguientes: Alexanco, Gerardo Delgado, Teresa Eguibar, Lorenzo Frechilla, García Asensio, Gómez Perales, Lugán, Abel Martín, Manuel Quejido, Enrique Salamanca, Javier Seguí de la Riva (quien presentaba obra realizada en colaboración con su mujer Ana Buenaventura), Sempere, Soledad Sevilla e Yturralde. El catálogo, con una acertada presentación en inglés de García Camarero, incluía reproducciones en color, un breve texto asimismo en inglés de cada uno de los artistas participantes y el más completo conjunto de fotografías de los miembros y actividades del seminario que llegó a publicarse en toda su corta historia.

Al mes siguiente, en mayo, el Centro de Cálculo organizó la que sería la última de las exposiciones dedicada a mostrar los trabajos realizados por los miembros del seminario de Formas Plásticas. La muestra, con el nombre

²⁷ Ya he manifestado anteriormente, al comentar los posibles motivos que provocaron la desaparición del seminario de Formas Plásticas, mi intención de no entrar en consideraciones de carácter personal, a pesar de que las hubo y muy importantes. Desavenencias personales entre la cúpula dirigente del Centro, pugna más o menos soterrada por conquistar parcelas de poder, rivalidad entre los propios artistas, desengaño de algunos ante la pérdida del espíritu altruista fundacional, oportunismo de otros, contrariedad ante la política de becas establecida cuando empezó a disponerse de mayor financiación económica, etc, son delicadas cuestiones de las que tengo constancia pero cuya dilucidación no me parece oportuna en este trabajo. Sin embargo, y ella es la razón que me ha impulsado a escribir esta nota, no puedo por menos que expresar mi sorpresa ante el hecho de que precisamente una de las personas clave en la creación del seminario junto a García Camarero, esto es, Manuel Barbadillo, cuya contribución estimo asimismo esencial para evaluar el alcance de los resultados obtenidos en la experiencia, a pesar de su voluntario y progresivo distanciamiento del Centro desde mediados del curso 1969-70 y de su casi completo alejamiento hacia la época en que tuvo lugar la exposición del Palacio de Congresos, no fuese invitado ni a ésta ni a la inmediatamente organizada (en mayo de 1971) en el Ateneo de Madrid.

de *Formas computadas*, se celebró en la sala que el Ateneo de Madrid poseía en el número 10 de la calle santa Catalina, y en ella participó idéntica nómina de artistas que en la muestra del Palacio de Congresos, menos Teresa Eguibar y Lorenzo Frechilla. La obra expuesta estaba, naturalmente, en la misma línea que la colectiva de abril. La presentación del catálogo, en esta ocasión, correspondió a Florentino Briones, quien escribió un extenso texto donde resumía las principales aportaciones y características de estilo de los concurrentes. El catálogo se completaba con una selección de las piezas expuestas, algunas de ellas en color, y con una breve ficha biográfica, acompañada de una fotografía, de los artistas.

4.4.4. Curso 1971-72.

Entre el 22 de febrero y el 14 de marzo de 1972 el Instituto Alemán de Madrid, con la colaboración del Centro de Cálculo y la empresa Siemens, organizó el más completo conjunto de actividades acontecido hasta entonces en España sobre el tema del arte y el computador, verdadero canto de cisne de un periodo en el que la fascinación y el interés por las nuevas tecnologías informáticas aplicadas al campo de la creación artística habían sido muy considerables en algunos sectores de la institución arte en nuestro país. Todas las actividades se desarrollaron en la sede del Instituto Alemán de Madrid en la calle Zurbarán, número 21, abarcando un amplio espectro que incluyó el *computer graphic*, la teoría estética de la información, la arquitectura, la música y el cine.

De todos los actos programados sobresalió especialmente la exposición *Impulsos: arte y ordenador*, impresionante colectiva de gráficos que reunió a los más destacados representantes del *computer graphic* en todo el mundo. Fueron los siguientes: Marc Adrian, Kurd Alsleben (en colaboración con Cord Passow), Otto Beckmann, Jack P. Citron, Dan Cohen, Computer Technique Group, Charles Csurí (en colaboración con James Shaffer), William A. Fetter, A. M. France, Helmar Frank, Herbert W. Franke, Roland Fuchshuber, Alfred Grassl, Evan Harris Walker, Kenneth C. Knowlton, Peter Kreis, Larry Jenkins, Dick Land, Ben F. Laposky, Maughan S. Mason, Leslie Mezei, Manfred Mohr (Fig. 3.13, pág. 55, y Fig. 3.19, pág. 71), John C. Mott-Smith, Frieder Nake, Katherine Nash (en colaboración con Richard Williams y Milton Howard), Georg Nees, A. Michael Noll, Duane M. Palyka, H. Philip Peterson, Richard C. Raymond, Len Sacon, Manfred R. Schroeder, Kerry Strand, Alan Sutcliffe y el Univac Computer Graphics Group. La procedencia geográfica estaba prácticamente circunscrita a Alemania, Austria, Canadá, Estados Unidos, Japón y Reino Unido, esto es, a las principales potencias en gráficos de ordenador. Las piezas exhibidas eran cerca de 90, un extraordinario conjunto que podía rivalizar, sobre todo por la presencia de obras legendarias de los pioneros, con las mejores exposiciones realizadas hasta ese momento a nivel internacional. Asimismo, con el objeto de demostrar al público la generación de trabajos artísticos por medio del ordenador, se instaló en la

sede del Instituto Alemán un sofisticado dispositivo electrónico compuesto por un terminal tipo Transdata 8150 con pantalla de 1080 signos y una capacidad de transmisión de 2400 baudios, el cual fue conectado por módem con un ordenador Siemens.

El catálogo incluía, de otro lado, dos magníficos artículos relacionados con el tema de la exposición y de las jornadas, los más completos que hasta ese momento se habían publicado traducidos al castellano: «Las ciencias y las máquinas calculadoras», de Konrad Zuse, una brillante síntesis de las principales etapas de la investigación científica que había conducido a la creación de las modernas computadoras electrónicas, y «El arte y el computador», de Herbert W. Franke, un riguroso y clarificador resumen de los aspectos fundamentales que conciernen a la tendencia. También se reproducía un famoso texto de mayo de 1703 del filósofo alemán Leibniz, «Explicación de la aritmética binaria», de gran utilidad para comprender el funcionamiento interno de los ordenadores.

Al día siguiente de abrirse la muestra al público, el miércoles 23, pronunció el profesor Max Bense la conferencia inaugural del ciclo, que versó sobre «La idea del arte artificial», oportunidad excepcional de oír en persona en nuestro país al padre de la estética teórico-informacional. Ésta y todas las demás conferencias de autores extranjeros se dictaron en su idioma original, con traducción simultánea al español. El resto de las disertaciones, como la anterior seguidas de coloquio, correspondieron a Alan Sutcliffe (viernes 25, sobre «Procedural art»), Konrad Zuse (lunes 28, con el título «Del computador a los grafismos de computador»), F. Javier Seguí de la Riva (viernes 3, sobre el tema general «Ordenadores y arquitectura»), Georg Nees (lunes 6, sobre «Grafismos de computador e inteligencia artificial»), discípulo de Max Bense y sin duda uno de los principales teóricos mundiales de la tendencia, Josep M. Mestres Quadreny (miércoles 8, sobre «Música y ordenador», con ilustraciones musicales del autor) y José Luis Alexanco (viernes 10, quien lo hizo sobre sus propias investigaciones en el CCUM: «Transformación automática de formas tridimensionales»).

Junto a la exposición de gráficos y las conferencias, el programa se completó con la proyección de una soberbia selección de películas realizadas con computadora (*Pixillation*, *Olympiad* y *Ufos*, de Lillian Schwartz; *Poem-field*, de Stan Vanderbeek; *Your Lips*, de Malcolm Legrice; *Permutations*, de John Whitney; *Huellas significativas*, de Georg Nees y *Computer Ballet*, de la BBC International Television de Londres, que se visionaron el jueves 24 y el miércoles 1 —las tres últimas se proyectaron por tercera vez el jueves 9— con una breve introducción a cargo de Alan Sutcliffe) y, como actividad de cierre de las jornadas, una mesa redonda moderada por Florentino Briones en la que participaron José Luis Alexanco, Vicente Aguilera Cerni, José Corredor Matheos, Simón Marchán Fiz, F. Javier Seguí de la Riva, Enrique Uribe Valdivielso y José María Yturralde.

4.4.5. Curso 1972-73.

Durante este curso, correspondiente al periodo de disolución del seminario de Formas Plásticas, la única actividad relevante es la celebración de las sesiones de trabajo y las escasas comunicaciones publicadas en el Boletín del CCUM, de lo que ya hemos dado cuenta en el apartado 4.3.

4.5. Elaboración de programas destinados a facilitar la tarea de los artistas.

Ya se ha comentado que, con la excepción de José Luis Alexanco, los artistas participantes en el seminario de Formas Plásticas del CCUM no aprendieron a elaborar ellos solos los programas informáticos que necesitaban para desarrollar su trabajo. Este hecho hay que interpretarlo en sus justos términos, es decir, resultaría inexacto deducir de él que los artistas de la experiencia madrileña no deberían en rigor ser adscritos al *computer art*, ya que se limitaban a aplicar un programa que les venía dado. Los datos que poseemos demuestran precisamente lo contrario, esto es, el programa estético se elaboraba conjuntamente entre el artista correspondiente (Barbadillo, Yturralde, etc) y el técnico en programación que se le hubiese asignado, traduciendo éste en realidad a lenguaje algorítmico las precisas instrucciones e ideas del creador con la mayor fidelidad y exactitud posibles. Lo cual significa, y lo subrayo a fin de que no haya equívocos en esta cuestión fundamental, que se cumplía el requisito imprescindible que, según el teórico y artista alemán Georg Nees, debía poseer el producto estético cibernético, es decir, que era el resultado de un proceso en el que el componente esencial era el programa estético diseñado por el artista (no entro aquí, por haber sido abordada antes, en la particular consideración que hace Nees de ese programa, hasta el punto de concederle autonomía y status artístico pleno, con independencia de que se tradujese en un producto físico tangible). Lo importante es que la idea del programa, el carácter creativo del programa estético debía pertenecer al artista, aunque tuviera que valerse de la ayuda de un técnico para traducirlo a un lenguaje comprensible por la máquina. Y en tal sentido, los artistas del Centro de Cálculo fueron sin duda los autores intelectuales de esos programas, si se quiere los *coautores* de los programas estéticos necesarios para obtener resultados materiales concretos.

Ahora bien, tampoco cabe duda que el desconocimiento del lenguaje específico de la programación acarreaba dificultades e inconvenientes que también han sido oportunamente señalados. Florentino Briones fue de las personas que más se preocupó, a partir del tercer año de funcionamiento del seminario, de que los artistas aprendiesen por sí mismos a diseñar sus propios programas, sobre todo por razones de eficacia y pragmatismo, aunque también hay que decir que el Centro no dispensó clases específicas de programa-

ción a los artistas. Si Alexanco aprendió esa tarea fue por su amistad con Mario Barberá, que le dio lecciones a título particular. En su informe de la reunión que tuvo lugar en la Universidad Laboral de Zagreb, durante los días 26 y 27 de junio de 1971, sobre el tema «Arte y ordenadores», Briones, que acudió invitado por Bozo Bek, de la Galerija Grada Zagreba, hacía hincapié en la «que parece opinión unánime [de] que los artistas deben escribirse ellos mis-



Fig. 4.10. Ejemplo de micromódulo.

mos sus propios programas (y de hecho parece que sólo es aquí [en el CCUM] donde no se hace), de igual forma que se supone que son los artistas los que manejan los pinceles cuando pintan al

óleo»²⁸.

Con el fin de ayudar en este sentido a los artistas del seminario, Briones diseñó algunos programas, muy sencillos, que fueron apareciendo en el Boletín y otras publicaciones del Centro de Cálculo. En el primero y más completo de todos ellos, escrito con la colaboración del técnico Enrique de la Hoz y explicado en el artículo *Pintura modular*²⁹, Briones tomó como base la pintura de Barbadillo y trató «de reproducir automáticamente el proceso de creación de cuadros modulares por Barbadillo, aplicándose reglas de composición que él ya conocía y otras que ha ido descubriendo a través de la experimentación»³⁰ llevada a cabo durante el curso 1968-69.

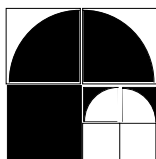


Fig. 4.11. Ejemplo de módulo.

Briones comienza distinguiendo tres fases en la creación de un cuadro modular: a) elección del módulo o módulos de trabajo; b) composición del macromódulo; c) composición del cuadro. Los módulos serían las «palabras» con las que trabaja el artista; de ahí la necesidad de que sean «relativa-

mente simples, ya que si no lo fueran un cuadro construido con ellos sería un galimatías (una frase construida con palabras ininteligibles»). A su vez, estos módulos se formarían a partir de unos módulos elementales o micromódulos

²⁸ BRIONES MARTÍNEZ, F.: «Informe sobre la reunión de Zagreb», *Boletín* n° 16, CCUM, julio 1971, pág. 63.

²⁹ Acerca de las diversas ocasiones en que este artículo fue publicado, véase el apartado 4.4.2. de este trabajo.

³⁰ BRIONES MARTÍNEZ, F.: «Pintura modular», *Boletín* núms. 8-9, CCUM, enero 1970, pág. 3. Alguien podría preguntarse qué utilidad tiene un programa basado en una combinatoria de formas tan particulares como los módulos de Barbadillo, es decir, quién iba a sentir la necesidad de usarlo como instrumento auxiliar de su propio trabajo. En tal sentido, Briones advierte desde el principio que el programa lo único que pretende es generalizar las reglas encontradas por Barbadillo «a fin de redactar programas que sean capaces, no de crear obras de arte, pero sí de ayudar al pintor [uno cualquiera hipotético] en su proceso creativo, utilizando la calculadora como un instrumento más a su disposición». *Ibidem*, pág. 4.

(las letras del alfabeto) fijos y no dependientes del artista (como las letras del alfabeto castellano son independientes del escritor que las utiliza).

El grueso del artículo se dedica a la definición de las llamadas «funciones de construcción», esto es, las funciones de transformación y composición de los distintos micromódulos. A continuación, una vez definidos los módulos y los micromódulos, así como las funciones de que están dotados, Briones se detiene en la forma de trabajar del artista ante la máquina. A cada una de las teclas del teclado corresponderá un micromódulo elemental, mientras que la pantalla se divide en tres zonas, A (archivo), C (composición) y T

(trabajo), de tal modo que la zona de archivo estará subdividida en 12 casillas donde se archivarán los módulos que se vayan generando. La zona de trabajo tendrá capacidad para dos módulos y la



Fig. 4.12. Ejemplo de micromódulo.

zona de composición para k^2 ($k = 2, 3$ o 4). En el ejemplo que nos propone la Fig. 4.13, la zona C ofrece una composición formada con 9 módulos, generada con las variaciones de 3 módulos ($k = 3$; $k^2 = 3 \times 3 = 9$). Otro aspecto esencial para el cumplido rendimiento de la máquina es lo que Briones llama el «orden de los micromódulos y de los módulos», así como la «descripción de los bordes» de un micromódulo. La última parte del artículo se refiere a ciertas consideraciones sobre el «criterio de continuidad» entre los módulos.

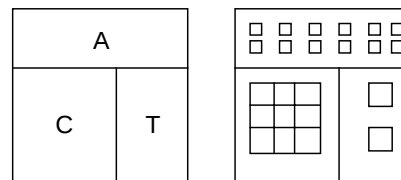


Fig. 4.13. Terminal óptico.

Otro de los programas elaborados por Briones es el que lleva por título *Pintura sobre redes moduladas*, que se publicó en dos números consecutivos del Boletín del CCUM³¹.

Según F. Javier Seguí de la Riva, este programa trabaja con dos clases de operaciones fundamentales interconectadas entre sí: la «descomposición» («operación de análisis del espacio soporte disponible, sobre el que se proyectan esquemas mentales de orden y distribución que, materializados, soportan significaciones y reglas de procesamiento y ajuste») y la «composición» («operación de inclusión en el espacio soporte, analizado o no, de elementos

³¹ Véase, BRIONES MARTÍNEZ, F.: «Pintura sobre redes moduladas. Descripción de un programa (1ª parte)», *Boletín* n° 17, CCUM, diciembre 1971, págs. 5-7, «Pintura sobre redes moduladas. Descripción de un programa (2ª parte)», *Boletín* n° 18, CCUM, marzo 1972, págs. 3-12, y «Sobre los giros que transforman una figura plana en sí misma», *Boletín* n° 21, CCUM, diciembre 1972, págs. 25-27.

moleculares o molares conformantes, con valor por ellos mismos y que en interacción con la descomposición la provocan, la matizan o la anulan»).

Dado un tema artístico (por ejemplo, podrían ser módulos o determinadas figuras geométricas) y anticipada la idea de su desarrollo en términos compositivos - descompositivos, las operaciones antes citadas (composición y descomposición) estructuran el proceso generativo, siendo la esencia de la artisticidad³².

El programa incluía tres tipos de redes: monomorfas, bimorfas y polimorfas, y, a pesar del tiempo transcurrido, era de una cierta complejidad, planteándose y resolviéndose en él funciones con las que hoy estamos muy familiarizados, como por ejemplo que las redes puedan tener los lados curvos, que puedan ser reducidas de tamaño y que los dibujos resultantes puedan ser modificados. Las nuevas redes que se vayan realizando, además, pueden ser simétricas, respecto de uno de sus lados, de una de las ya construidas. Los giros, de 180°, también están permitidos, así como el traslado de la red por la superficie de la pantalla en la dirección que se le indique (lo cual se reflejará en el papel, una vez se editen los dibujos con el *plotter*). También pueden archivar, en el caso de una red monomorfa, el número de dados de la red, las longitudes de cada uno de ellos (téngase en cuenta que los dados pueden ser regulares e irregulares) y los ángulos que forman entre sí, a fin de que estos datos puedan ser comparados con posteriores mallas o redes que se desee construir. Las redes, en fin, se catalogan y guardan en la memoria de la máquina para su uso posterior, modificación, etc.

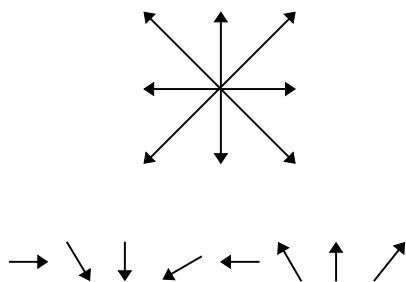


Fig. 4.14. Direcciones y su orden (de un programa de dibujo de F. Briones).

Un tercer programa, también basado en una idea de Florentino Briones, es el que se llamaba *Permutaciones*, asimismo publicado en dos números consecutivos del Boletín del CCUM³³. Aunque se trata de un programa de dibujo muy elemental (sobre todo si lo comparamos con los potentes y sofisticados programas que existen en la actualidad, como por ejemplo el programa de dibujo *Autocad*), en el que sólo se

utilizan las ocho direcciones principales y en un orden muy preciso (Fig. 4.14), lo cierto es que se advierten ya, en una fecha tan temprana, una serie de pre-

³² Véase, SEGUÍ DE LA RIVA, F. J.: «Pintura sobre redes moduladas. Conceptos generales», *Boletín* n° 18, CCUM, marzo 1972, págs. 1-3.

³³ Véase, BRIONES MARTÍNEZ, F.: «Permutaciones. Descripción de un programa (1ª parte)», *Boletín* n° 17, CCUM, diciembre 1971, págs. 8-13, y «Permutaciones. Descripción de un programa (2ª parte)», *Boletín* n° 19, junio 1972, págs. 18-20.

ocupaciones y problemas fundamentales a los que se intenta dar una respuesta satisfactoria: rotaciones de las figuras, permutaciones, etc.

El programa que Briones diseñó y publicó con el título *Op-art lineal*, constituye un buen ejemplo de los programas que se hicieron entonces en el Centro de Cálculo con el propósito de extraer una rentabilidad artística al ordenador³⁴. El programa en cuestión «transforma una fotografía o un dibujo con distintas intensidades de grises en una serie de líneas que recuerdan más o menos vagamente el original»³⁵. Lo que en realidad hace el programa es susti-

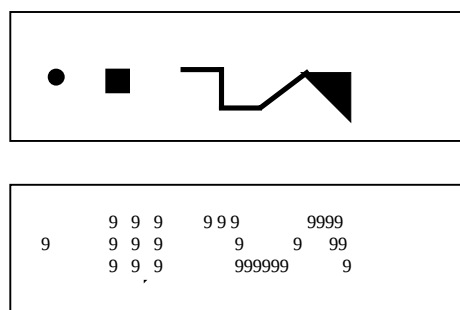


Fig. 4.15. Dibujo y su matriz numérica (de un programa de dibujo de F. Briones).

tuir el original por una matriz numérica que es la que se introduce en la calculadora electrónica (Fig. 4.15). Briones explica así el funcionamiento del programa: «El programa trabaja como si [las] densidades de grises que le hemos dado fueran masas que ejercen sobre una red de líneas horizontales o verticales (o ambas simultáneamente) unas determinadas fuerzas de atracción que las deforman.

Así, si una zona es blanca y a su derecha se encuentra una zona negra, las líneas verticales, que deberían atravesar la zona blanca, se desplazan hacia la derecha, quedando una menor densidad de líneas en la zona blanca y una densidad mayor en la negra. Por esto el resultado recuerda al original»³⁶. Utilizando una fórmula matemática para calcular las deformaciones que se basa en la ley de la gravitación universal, el resultado obtenido puede ser de una gran belleza plástica. El programa, señala Briones, puede usarse sobre dibujos concretos. Eusebio Sempere, por ejemplo, lo usó para realizar su autorretrato.

Según Briones, el número máximo de programas que se le hicieron a un solo artista en el CCUM fue dos, y hubo casos en que no llegó a realizarse ninguno. La tediosa elaboración de estos programas «espantaba» a los becarios, originaba tensiones entre los analistas y los artistas y, en algunos casos, frustraba a éstos, ya que no satisfacían las expectativas despertadas. De ahí la insistencia de Briones en que los participantes en el seminario aprendieran

³⁴ Véase, BRIONES MARTÍNEZ, F.: «Op-art lineal», *Boletín* n° 21, CCUM, diciembre 1972, págs. 20-25.

³⁵ *Ibíd.*, pág. 20.

³⁶ *Ibíd.*

lenguaje de programación, cosa que sólo hicieron, además de Alexanco, F. Álvarez Cienfuegos y Guillermo Searle³⁷.

4.6. Críticas internas y externas a la experiencia artística desarrollada en el CCUM.

Quizá pueda parecer paradójico, pero algunas de las opiniones más favorables y entusiastas respecto del uso de la computadora con fines artísticos fueron precisamente emitidas en el seno del seminario madrileño por personas que abandonaron pronto el empleo de la máquina o que, caso de Gerardo Delgado, paralelamente a esta determinación se adscribieron a una sensibilidad estética cuando menos chocante con los postulados abstracto-geométricos defendidos a finales de los sesenta y primeros setenta.

En una comunicación publicada en uno de los primeros números del Boletín del CCUM, Gerardo Delgado, con una fe aparentemente inquebrantable en las potencialidades estéticas de las nuevas tecnologías y, en especial, de la calculadora electrónica, hace un verdadero panegírico de los avances en el campo de la alta tecnología, subrayando la extraordinaria importancia del ordenador para resolver problemas procedentes de diversos campos, particularmente el artístico³⁸. Recogiendo, aunque sin citarlos, opiniones de diversos autores o que estaban por entonces en el ambiente, ve el futuro de la humanidad íntimamente ligado al progreso científico, actualmente en manos de una minoría selecta que da lugar a una «supercivilización», tan enormemente alejada del ciudadano común como gigantesca y cada vez mayor es la distancia que separa a los países tecnológicamente adelantados y tecnológicamente atrasados, diferencia de velocidad que también es perceptible entre el progreso científico y el avance de las artes. Aun admitiendo la existencia de intentos renovadores en las artes, éstas se caracterizan para él por un «inmovilismo total», en gran parte consecuencia de su alejamiento de la ciencia, cuando en realidad «las ciencias exactas y aplicadas pueden prestar una gran ayuda al arte a encontrar nuevos caminos». De ahí que el objeto de la investigación sobre las formas plásticas sea «dar un nuevo y radical planteamiento a las artes, incorporando a las mismas los principios científicos mediante los cuales podemos obtener determinadas formas plásticas, que se ajusten a unas leyes de composición y desarrollar dichas formas utilizando dichas leyes»³⁹.

³⁷ Véase, BRIONES MARTÍNEZ, F.: «¿Puede una calculadora crear una obra de arte?», en *Obras. Revista de construcción* n° 118, op. cit., pág. 46. La alusión al número de programas debe referirse al periodo en que Briones dirigió el seminario, pues durante los dos primeros cursos en que lo dirigió Camarero, sólo a Barbadillo se le hicieron varios programas.

³⁸ DELGADO, G.: «Aplicación de las computadoras a la generación de formas plásticas», *Boletín del CCUM*, abril 1969, págs. 31-35.

³⁹ *Ibidem*, pág. 34.

Frente a esta cerrada defensa, y en cierto modo acrítica, de las propuestas tecnológicas que ofrece el texto de Gerardo Delgado, existen opiniones más ponderadas de otros miembros del seminario madrileño en relación al papel que podía jugar la técnica en la evolución futura de las artes, como son principalmente los casos ya comentados de García Camarero y de Eusebio

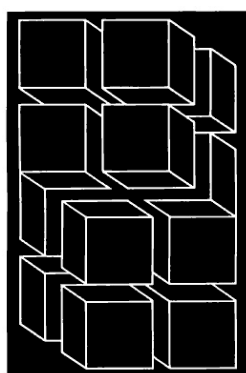


Fig. 4.16. Ejemplo de figura imposible de Yturralde.

Sempere⁴⁰, pero también el de Barbadillo cuando afirma: «Hagamos, pues, un arte de humanos, no un arte de computadoras. Tenemos ahora un sirviente absolutamente fiel al que podemos tomar cuando lo necesitemos o dejar cuando añoremos el olor de la hierba. Porque somos nosotros los señores»⁴¹. José María Yturralde, por su parte, prefiere dirigir sus críticas, según hemos tenido ocasión de comprobar, contra la institución arte, por ejemplo contra el modelo de exposición que representó en su momento *Cybernetic Serendipity*, pero tiene gran confianza en los grupos interdisciplinares de trabajo⁴² que funcionan en determinados organismos, como los seminarios del CCUM y

el Experiments on Art and Technology, éste último en activo desde 1966. En estos Centros, dice Yturralde, «se viene estudiando sistemáticamente en la búsqueda racional de unas bases en la utilización de las inmensas posibilidades expresivas y de lenguaje que nos ofrece la moderna tecnología»⁴³.

El sentir manifestado por Yturralde hacia la experiencia del Centro de Cálculo, sin embargo, no debe tomarse como representativa de la opinión de los restantes miembros del seminario, al menos a partir del segundo año de funcionamiento, cuando comenzaron a aflorar las disensiones. A este respecto, el abanico de críticas internas más completo y representativo está recogido en el Boletín del CCUM de julio de 1971, es decir, concluido ya el tercer cur-

⁴⁰ Véase el epígrafe 3.5. de este trabajo.

⁴¹ BARBADILLO, M.: «Un arte humano», en *Manuel Barbadillo. Obra modular (1964-1994)*, op. cit., pág. 82. Las palabras de Barbadillo recuerdan mucho estas otras de Norbert Wiener en *Dios y Golem* (op. cit., pág. 81): «Dejemos al hombre las cosas que son del hombre y a las computadoras las cosas que son de ellas».

⁴² El trabajo en equipo y la colaboración entre científicos y artistas también fueron defendidos por Gerardo Delgado. Véase, DELGADO, G.: *Aplicación de las computadoras a la generación de formas plásticas*, op. cit.

⁴³ YTURRALDE, J. M^a: «Computer art», en *Ordenadores en el arte*, op. cit., pág. 76. En otro lugar, dice: «En un primer momento del Centro de Cálculo, se daba una reflexión constante sobre el medio informático y sus posibilidades, sobre sus límites. Por lo tanto, lo que nos proponíamos estaba de alguna manera tamizado por esta reflexión y por esa sensibilidad que queríamos transmitir, porque éramos conscientes que se trataba principalmente de una herramienta y de sus acotamientos». «Vagando en el desierto, viendo la estrella. Conversación entre José María Yturralde y Daniel Giralt-Miracle», en MUÑOZ IBÁÑEZ, M. (dir.): *José María Yturralde. Preludios / Interludios*. Diputación de Valencia, 1996, pág. 31.

so del seminario. El juicio crítico más duro, lo que no excluye un fondo constructivo, es el emitido por Ana Buenaventura y F. Javier Seguí de la Riva. Para ellos, el seminario «funcionó cuando la inquietud individual era tan fuerte que tendía a cristalizar en cualquier situación propicia», como la que se presentó en el momento de crearse los grupos de trabajo en 1968. Al principio, el plan de trabajo «se ambientó en una expresividad que dio cuerpo a una imagen promocionante, aceptable para todos en los primeros pasos», aunque «nunca ha quedado clara explícitamente la postura del Centro», al que «se le ha asociado una imagen paternal». «En ninguno de los trabajos realizados, continúan diciendo, se ha llegado a plantear el tema de la selección de alternativas. Tampoco se ha analizado la significación personal y colectiva del ordenador en el arte». El objeto del seminario no es precisamente «un simple juego con pretensiones de rara sofisticación», aunque tienen la sensación, de que «las exposiciones son un atrayente modo de respaldo y justificación en donde la imagen publicista externa puede servir para encubrir un sospechoso vacío». Por si este último juicio no fuera suficiente, añaden: «El seminario ha empezado a ser una gratificante trampa operativa para el artista. Ya se acaba la mecha. El artista, una vez dado de sí lo que tenía de ansia de juego tecnológico, busca un integrador que ni el Centro ni mucho menos el seminario le pueden dar en la situación en que está». El Centro, en definitiva, tiene que comprometerse más seriamente con las necesidades de los artistas, que no son precisamente las que se derivan de una consideración del arte en cuanto obra aislada, algo que «hoy no tiene ni tan siquiera relevancia comparada con el análisis de las posibilidades de generación abierta ofrecida por las máquinas». Lo que el artista necesita es «un núcleo teórico-generativo de fondo, creado en común como demanda comprometida». La máquina sólo es un útil, pero cuando esta herramienta «respalda el incentivo personal sin más, sin abertura ni crítica ni explicitación, es visto socialmente como elemento peligroso»; más claramente: «El artista que se refugia en estas técnicas para encubrir ‘sus juegos’ con posturas trascendentes, apoyadas por el grupo y su pertenencia a él, es visto como tecnócrata»⁴⁴.

En la misma reunión en la que Ana Buenaventura y Javier Seguí exponían las precedentes opiniones, Eusebio Sempere manifiesta su convencimiento de que «el problema arte-computadora es equivalente al de arte-sociedad», es decir, que el artista no debe renunciar al papel que le corresponde «de hacer el resumen testimonial de las disociaciones, contradicciones y hasta disolución de las estructuras [sociales] actuales», no debe replegarse ni aislarse en el espejismo de lo «puramente ‘artístico’» y andar precavido ante los encantos de la ciencia y la tecnología. La mejor tarea que puede realizar el Centro de Cálculo en relación con los artistas es aprovechar la intuición de éstos y ponerla al servicio de la ciencia, ya que «el artista nunca conocerá el lenguaje científico para manejarlo». La intervención de Sempere termina con

⁴⁴ Véase, *Boletín* n° 16, CCUM, julio 1971, págs. 55-58.

más interrogantes que respuestas, pero firme en la defensa de la dignidad de los artistas: «¿Es posible el trabajo en equipo en este Centro? ¿Pueden coexistir arte y ciencia? ¿O en fin de cuentas será inútil intentar crear esta simbología ciencia-arte, porque el arte está aparatosamente desbordado por la ciencia y ésta se justifica por sí misma? Parece que el interés por el trabajo en equipo tiene que resumirse en una labor constante y a largo plazo, sin pretensiones y aceptando cualquier idea o hipótesis de los artistas por sencilla que parezca.

Los pintores somos gente modesta y la ciencia poderosa. Y rica la sociedad IBM. Que nos llamen alienados, pero no indigentes»⁴⁵.

Enrique Uribe Valdivielso, por su lado, también expuso en esa reunión su postura ante el seminario y el CCUM: debía eliminarse «la posibilidad de trabajar de cara a alguna exposición»; «el trabajo de cada uno debe ser de experimentación: si de ahí surgen obras personales o de grupo interesantes, se verá la forma de exponerlas»; cada uno de los participantes en el seminario, cuyas reuniones deberían ser semanales y no quincenales, habría de exponer periódicamente el resultado de su trabajo, sus dudas y contradicciones, pa-

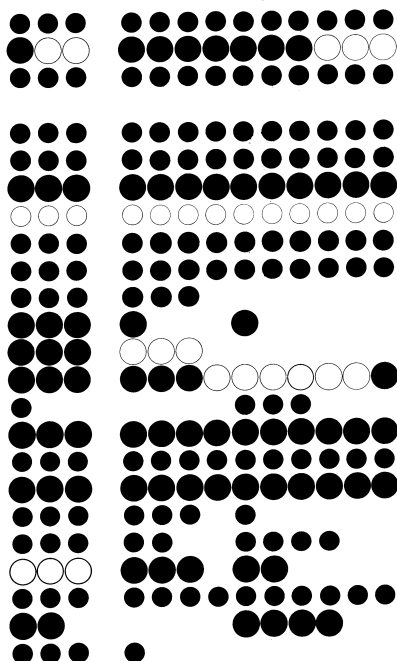


Fig. 4.17. Obra de Ana Buenaventura y F. Javier Seguí de la Riva (1971).

ra que los demás opinen, ya que un aspecto fundamental de toda la experiencia es descubrir las posibilidades que se abren con el trabajo en equipo. El Centro debe prestar un mayor apoyo al seminario»⁴⁶.

Para Enrique Salamanca, en fin, debía plantearse una política más racional y eficaz de becas, debía contarse con una publicación exclusiva y tener una mayor comunicación con artistas y científicos españoles y extranjeros⁴⁷.

De las opiniones que acabamos de resumir de algunos miembros del seminario se deduce con suficiente claridad que, más acentuado aún que el descontento respecto de las tareas y el método de trabajo del grupo, las reservas se tenían para con el propio organismo patrocinador del proyecto. Bien

⁴⁵ Ibídem, págs. 58-59. Similares opiniones e interrogantes expresó Sempere en un breve texto titulado «Arte y técnica», *Tropos*, núms. 3-4, Madrid, abril-septiembre de 1972, pág. 32.

⁴⁶ Ibídem, págs. 59-62.

⁴⁷ Ibídem, pág. 55.

fuese por las tensiones existentes entre los responsables del Centro, que indudablemente repercutían en las actividades programadas, bien fuese por el desinterés de la Universidad, según apuntaba Briones, lo único cierto es que la salud del seminario se hallaba estrechamente unida a la salud del propio Centro de Cálculo, y en éste las cosas hacía ya tiempo que habían dejado de funcionar con el altruismo inicial.

En relación con las críticas externas al seminario, García Camarero fue el primero en advertir acerca del rechazo que originaba una experiencia como la que se había puesto en marcha en Madrid: «El seminario de Formas Plásticas se encontró desde el principio con dos tipos de crítica: a) la de los artistas que piensan que la utilización de nuevas tecnologías desnaturaliza el arte, y b) la de los científicos que opinan que trabajar científicamente con el arte no es algo serio desde un punto de vista científico»⁴⁸.

Junto a estas críticas, por otro lado comprensibles, se producían también comentarios que traslucían una notoria ignorancia de lo que estaba sucediendo. El mencionado cronista Félix Antonio González, escribe por ejemplo lo siguiente en su reseña periodística de la exposición *Generación automática de formas plásticas*, confundiendo los ordenadores con máquinas callejeras para pintar y desvirtuando así su naturaleza puramente instrumental:

No sé por qué se sorprenden algunos ante el hecho de que haya máquinas para pintar, después de ver que hay muchos que pintan como máquinas. Si el dibujo es sólo el logro de una línea equilibrada en cuanto a ella misma o en cuanto a otras líneas, y el color el resultado —salvo en los primarios, claro— de la unión de otros colores, tendremos que llegar a la conclusión de que mejor que el hombre lo hará la máquina. Pero el dibujo es otra cosa. Y muy otra la pintura. [...] Muy interesante la experiencia. Se explica, pues, la curiosidad, pero, repito, no la sorpresa. Además, ordenadores aparte, no se trata de algo nuevo. Hasta en los grandes almacenes y a bajo precio se han visto pequeñas máquinas para pintar, siquiera fuesen más bien para dibujar y lo de la pintura quedara reducido a los colores de los trazos. O sea, a nada. Y ya más en serio, aunque tenga cierto aire de atracción de feria, recuerdo en estos momentos los buenos ratos que he pasado con otra máquina de pintar. [...] A mí personalmente me divierte. No sólo el manejo de la máquina, sino las consecuencias a que se puede llegar tras observar a los que la manejan. Es como un ‘test’ estético. [...] Interesante, sí, pero como experiencia. Ojo ahí: nada más. La pintura es otra cosa. Para alcanzarla, el hombre podrá aprovechar todo cuanto se haya descubierto, pero él siempre será la pieza fundamental de la máquina. Una pieza hecha por alguien con mucho más talento que él. La Pintura, con mayúscula, pues, aparte. Lo que sí podemos hacer es jugar⁴⁹.

En una reseña sobre la misma exposición, Antonio Cobos, por el contrario, se da perfecta cuenta de que la experiencia desarrollada en el CCUM no tiene nada que ver con las populares máquinas para pintar:

⁴⁸ GARCÍA CAMARERO, E.: *Seminario sulla generazione delle forme plastiche*, op. cit., pág. 41.

⁴⁹ GONZÁLEZ, F. A.: «Máquinas para pintar». Madrid, diario *Ya*, 27 de junio de 1970.

Se han inventado muchas máquinas para pintar abstractamente, una de ellas del pintor español Mingorance, e incluso en todas las playas se instalan unas máquinas que con pinturas plásticas y la fuerza centrífuga como medio mecánico divierten a los bañistas felices: naturalmente que todos estos medios mecánicos difícilmente pueden generar formas plásticas con entidad estética⁵⁰.

Desde dentro de la institución arte, sobresale por su severidad el juicio crítico a modo de balance de toda la experiencia de Juan Manuel Bonet⁵¹. Para este autor, «‘Antes del Arte’ en Valencia y el grupo del Centro de Cálculo fueron las dos plataformas sucesivas a partir de las cuales fue defendido un arte plenamente tecnológico», cuya principal diferencia con anteriores experiencias, como la representada por el Equipo 57, fue que dispusieron, sobre todo el grupo madrileño, de mayores recursos, tanto en medios materiales como en adecuados canales de distribución. Lo primero que denuncia Bonet es la acomodación ideológica de ambos grupos respecto a la realidad sociológica y económica en que aparecen, identificada con el capitalismo postindustrial:

Ambas experiencias, cómo no, se corresponden a la perfección con la realidad en que surgen. De la misma manera que los artistas cibernéticos europeos representan la baza cultural más aceptable para un mundo aséptico de grandes empresas y *managers*, y el ingrediente artístico del engaño espectacular de una sociedad, tras la aparente experimentación formal de los grupos españoles antes mencionados, estaba en juego la posibilidad de un arte con el que decorar las nuevas realidades sociales de un futuro ya cercano.

Y continúa:

En «Antes del Arte», lo que se decía y hacía era aún bastante ingenuo. Vicente Aguilera Cerni, promotor de la experiencia, ya ha sido mencionado [...] como uno de los padres del fracasado normativismo español. En esta ocasión recoge la antorcha de la modernidad y presupone que para un trabajo posterior verdaderamente riguroso los artistas han de situarse «antes del arte», aceptando la investigación científica en su integridad y pureza como paso previo a cualquier consideración estética. La psicología de la forma y las matemáticas eran los santos de devoción de estos nuevos primitivos que pretendían acceder a la racionalidad a través de su autoeliminación como «artistas». Contempladores de la ciencia, no la entendían como un instrumento [...], sino como protagonista.

[...] Su disolución, además de demostrar la imposibilidad de mantener a un equipo en el marco estrecho definido por su teorizador, evidencia dos corrientes en su seno que habían de llevar al estallido.

⁵⁰ COBOS, A.: «Exposición de formas plásticas generadas automáticamente». Madrid, diario *Ya*, 25 de junio de 1970.

⁵¹ Véase, BONET, J. M.: «Esplendor y fracaso de nuestro arte tecnológico (y 2)», en *Estudio de estructura arquitectónica*, n° 7, Madrid, marzo 1974, págs. 19-23. Las siguientes citas textuales pertenecen a este artículo.

La primera de ellas es la que desemboca en una evolución positiva: el reconocimiento de la inviabilidad de cualquier «antes del arte» como de cualquier «anti-arte».

[...] En cuanto a la segunda tendencia, [...] es el hecho de que un trabajo de auténtica investigación pre-artística tiene poca viabilidad para ser distribuido por los canales tradicionales.

El seminario sobre Generación Automática de Formas Plásticas del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid pretendió ser una respuesta a ambas tendencias. Ni se imponía el abandono de la estética tradicional, puesto que la máquina en principio era un simple instrumento, ni se rehuía el problema de la distribución. Ambos aspectos parecían invalidar las razones que habían conducido al fracaso a «antes del arte».

[...] Según cuentan quienes asistían, en el ambiente inicial hubo un momento en que se creyó en el advenimiento de una fructuosa era de colaboración arte-ciencia.

Pero pronto surgieron las primeras dificultades. La labor propagandística, que lógicamente se planteó como distribución tanto de resultados como de procesos, ocupó un lugar importante dentro de la jerarquía del trabajo. Con lo cual se les posibilitó a los artistas participantes una plataforma de lanzamiento y unos medios excelentes. A lo que se añadía el tufillo teórico de prestigio en que sus obras se hallaban envueltas a partir del momento en que se habían integrado a un proceso científico.

[...] La investigación modular [...] era la panacea perfecta. Cualquier pintor con un poco de imaginación compositiva podía encontrar algún módulo que permutar y justificaba así el recurso a los medios electrónicos.

En definitiva, fallaban las motivaciones y el espíritu de trabajo. Pero no sólo eso, sino que también se revelaba que los diseños del Centro, al posibilitar trabajos tan gratuitos e irrelevantes, obedecían a motivaciones muy acordes con los diseños del poder.

[...] Cuando hace unos años, en un coloquio del grupo que se celebraba en el madrileño Instituto Alemán, sus miembros fueron acusados de «fascistas cibernéticos» por un grupo de contestatarios, el insulto sonó muy fuerte en los ámbitos culturales de este país tan poco propicio a la controversia. Y sin embargo, quienes profirieron ésta y otras acusaciones no hacían sino recoger la herencia de la crítica radical y lanzar un reto a un arte que corre el peligro de negarse a sí mismo en la máquina. Los acusadores, al situar el debate en el verdadero terreno, el de los significados culturales, elevaron a un nivel de controversia lo que en un principio podía haber sido estéril discusión sobre si el artista puede o no recurrir a la máquina.

Considerado desde este ángulo, criticar el racionalismo de experimentación electrónica no es criticar la búsqueda de un imposible ideal geométrico, sino desmitificar un arte que en la mayoría de los casos se supeditaba a sus medios y los consideraba garantía de validez.

Al margen de la opinión que le merecía entonces a Bonet la experiencia metodológica impulsada desde Valencia por Aguilera Cerni, con bastante unanimidad considerado uno de los críticos españoles de la segunda mitad de nuestro siglo más comprometidos con la práctica artística contemporánea de vanguardia, sí me parece oportuno subrayar que en el año 1974, cuando fueron escritos los anteriores párrafos, autores como Elena Asins, Manuel Barbadillo, Tomás García Asensio, Julián Gil, José Luis Gómez Perales, Eusebio Sempere o Yturralde, entre otros, habían ya producido unos resultados que no

justifican hablar, como lo hace Bonet, de «fracasado normativismo español», y eso sin mencionar la experiencia desarrollada por el Equipo 57, valorada hoy con mucha mayor exactitud y rigor que podía serlo a mediados de los sesenta. De otro lado, ya hemos afirmado aquí, y no era un secreto para nadie transcurrido un curso o dos desde la creación del seminario del Centro de Cálculo, y menos aún para sus propios miembros, que éste ofrecía graves deficiencias, derivadas tanto de la inexperiencia y novedad de la investigación emprendida, como, sobre todo, de la trama de intereses que podía esconderse a partir de cierto momento en la decisión de mantener vivo el proyecto y del oportunismo de algunos artistas, que efectivamente pudieron ver en él la plataforma idónea desde la que lograr una hasta ahora no conseguida proyección artística de relieve. Pero de ahí no tendría porqué desprenderse una descalificación prácticamente global de la experiencia, ya que hubo destacados participantes que se adhirieron a ella no sólo de buena fe⁵², sino convencidos de que resultaba imprescindible, conocido el punto al que había llegado a finales de los sesenta la evolución de las artes en occidente, establecer un fructífero diálogo entre éstas y la ciencia, y de que la computadora abría insospechadas posibilidades al campo de las artes plásticas.

Respecto al papel que debía desempeñar la ciencia en la revitalización de la práctica artística, tampoco puede decirse que constituyese una novedad radical; de hecho, el ciclo que se inicia a principios del siglo XV en Florencia y la paralela experiencia del sistema de representación flamenco contienen ambos una profunda base matemática y científica, fundamentación que también sería especialmente reivindicada por algunas de las más conspicuas corrientes de la vanguardia histórica del primer tercio del siglo veinte, en este caso en abierta oposición a los subjetivismos de raigambre expresionista. En cuanto al ordenador, en contra de lo que opina Bonet, fue siempre considerado por los más lúcidos actores del grupo madrileño, empezando por Barbadiello, que fue quien más claramente se pronunció al respecto, como una herramienta de trabajo, no como un fin en sí mismo al que tuvieran que supeditarse. En este sentido, justificar, amparándose a mi modo de ver en una errónea interpretación de la actitud del artista ante la máquina, el uso de un calificativo como el de «fascistas cibernéticos» para referirse a los protagonistas de la experiencia madrileña, me parece una postura no sólo desmesurada sino incluso injusta. Ni siquiera me parece legítimo como estrategia de defensa y promoción mediática de la nueva ola de pintura figurativa que por entonces comenzó a surgir en el escenario madrileño, quizá la verdadera razón de fondo de su agresivo texto, uno de cuyos más tempranos oficiantes fue curiosamente Manuel Quejido, quien casi sin solución de continuidad abandonó los signos y símbolos de lo que en su caso quizá pueda ser considerado un cir-

⁵² En uno de los primeros resúmenes globales de la fase inicial de la experiencia, ya había dicho García Camarero que el seminario se creó con un sincero «interés científico-artístico y no por un afán snob y elitista con vistas a la mercantilización». GARCÍA CAMARERO, E.: «Generación automática de formas plásticas», en *Ordenadores en el arte*, op. cit., pág. 2.

cunstantial culto geométrico y se convirtió a la religión figurativa, abrazándola con idéntico fervor al que muy poco antes había parecido mostrar en su efímera experiencia cibernética, paradójicamente, acaso la más inextricable de cuantas se llevaron a cabo en el Centro de Cálculo, al menos en lo que a su formulación teórica y discursiva se refiere. De otro lado, aquella razón de fondo parece salir fortalecida si se lee con atención el párrafo en que saluda la inesperada conversión de Quejido, hasta el punto de evaluarla como una «recuperación» del pintor descarriado:

Mucho más positiva resulta la «salida» adoptada por Manuel Quejido, que en su reciente aislamiento ha derivado hacia posiciones que le hacen próximo de actitudes cercanas al hoy. La «recuperación» de Quejido como parte integrante de nuestra actualidad artística supone la incorporación a ésta de una figura de gran solidez que encuentra en un trabajo sobre las secuencias valores de narración elíptica particularmente interesantes.

Parecida opinión aparece expresada mucho después en otro lugar:

Sin embargo, varios de estos artistas [se refiere a algunos de los integrantes del seminario del CCUM] iban a desaparecer casi por completo del mapa, mientras otros que habían defendido una estética similar, como Jordi Teixidor, Gerardo Delgado o Manolo Quejido optarían por una actitud de vuelta a una pintura, valga la redundancia, más pintada: dos signos de que se estaba cerrando el ciclo del racionalismo tecnológico⁵³.

En lo que sí tiene, sin embargo, parte de razón Bonet es en su denuncia de la investigación modular como «panacea» de las actividades del grupo del Centro de Cálculo, aunque en descargo de semejante inclinación debería recordarse el enorme influjo operado por la investigación emprendida por Barbadillo en Briones y García Camarero, quienes la consideraron desde el principio como un satisfactorio punto de partida y como un modelo de referencia a tener muy en cuenta. Trabajar con módulos se adaptaba bien a las características de la computadora, facilitaba la confección de programas informáticos y, si tenemos en cuenta el carácter embrionario de la experiencia, resulta hasta cierto punto lógico por la sencillez formal y posibilidades operativas de los cálculos combinatorios. Se da la circunstancia, además, que un buen número de los artistas participantes estaban vinculados desde antes de comenzar la experiencia a lenguajes abstracto-geométricos que los predisponían al empleo de una sintaxis modular clara y elemental. El problema, a mi juicio, no consiste tanto en el uso indiscriminado de un vocabulario modular, cuanto en la capacidad plástica expresiva de quienes lo empleaban. No obstante, artistas como García Asensio y Gómez Perales orientaron singularmente su búsqueda hacia el estudio del color, mientras que Sempere y Gómez de Liaño no trabajaron con módulos. Comparados con ellos, sí parece en todo

⁵³ BONET, J. M.: «Un cierto Madrid de los setenta», en DUEÑAS, M^a A. (coord.): *23 artistas. Madrid, años setenta*. Consejería de Cultura de la Comunidad de Madrid, 1991, pág. 14.

caso evidente que algunos de los creadores que mostraron una más estrecha dependencia respecto a la sintaxis modular, desarrollaron en el periodo estudiado una obra no sólo menos original, sino también de unos resultados estéticos inferiores.

Los artistas

5.1. Manuel Barbadillo.

La aparición de módulos en la pintura de Manuel Barbadillo (Cazalla de la Sierra, Sevilla, 1929) data de 1964. Entre el otoño de 1962, año de su regreso a España después de una estancia de casi tres años en Nueva York, y 1964, la obra de Barbadillo experimenta una serie de sucesivas transformaciones que pueden considerarse fundamentales para que se produjese el posterior encuentro con la computadora¹.

Las primeras obras realizadas en los Estados Unidos son continuación de la obra abstracta informalista que estaba haciendo inmediatamente antes en Marruecos, dominada al principio por un expresionismo abstracto de gran variedad cromática que, ya en Norteamérica, verá drásticamente reducido el color hasta derivar en cuadros muy sobrios, monocromos. La preponderancia de lo matérico, la experimentación con materiales nuevos, principalmente resinas y látex, la asimetría en la composición y la incorporación de diversos elemen-

¹ Véase, BARBADILLO, M.: *Tambores y computadoras*, op. cit., pág. 83.

tos al lienzo, cuyo resultado es la realización de *collages* y de cuadros-objeto, son las características más sobresalientes de esta etapa aformal, en la que el pintor todavía se encuentra poderosamente influido por el hechizo y la magia de la ancestral cultura norteafricana².

En esa obra abstracta informalista, sin embargo, también tuvo un peso determinante el hastío que se produjo en su espíritu, al cabo de dos o tres años de estancia en Marruecos (adonde había llegado a principios de 1955), por la forma figurativa, combinado con la doble influencia de Tàpies y de los pintores informalistas europeos del *art autre*, sobre todo franceses. Esta última influencia se verá enriquecida en los Estados Uni-

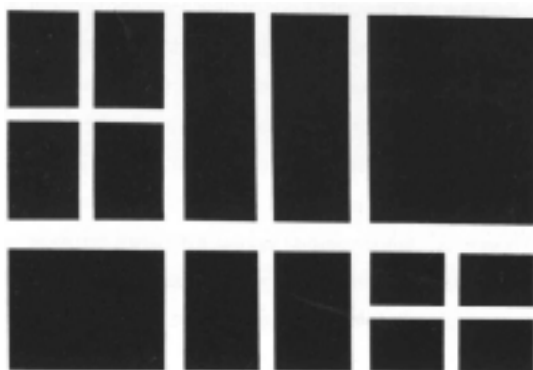


Fig. 5.1. Manuel Barbadillo. Cartulina (1963).

dos con la que recibe del expresionismo abstracto de la Escuela de Nueva York, en especial de Jackson Pollock. De ahí, sobre todo, la atrevida experimentación que distingue a los cuadros informalistas de su etapa americana.

Pero los años finales del decenio de los cincuenta son también los de la disolución de la estética informalista, insistentemente anunciada desde mediados de la década. La dictadura informalista europea y del abstracto-expresionismo americano finaliza, después de larga agonía, entre estertores ruidosos y patéticas muestras de desconcierto, ridiculizadas por los agresivos misioneros (galeristas, críticos), devotos clientes y

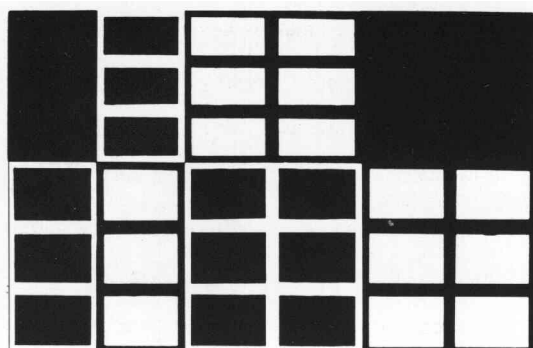


Fig. 5.2. Manuel Barbadillo. Cartulina (1964).

² Ibídem, págs. 83-84. En otro lugar, Barbadillo ha declarado que «las dos experiencias que han dejado más profunda huella, intelectual y emocional, en mi personalidad adulta, han sido Marruecos y Nueva York. Marruecos despertó en mí el Sentimiento, y me ligó emocionalmente a la Antigüedad, a todos los hombres que nos han precedido». LÓPEZ GORGÉ, J.: *Barbadillo*. Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1977, pág. 10.

entusiastas protagonistas de los nuevos lenguajes que dominarán la escena durante los sesenta: el *pop* y el conceptual.

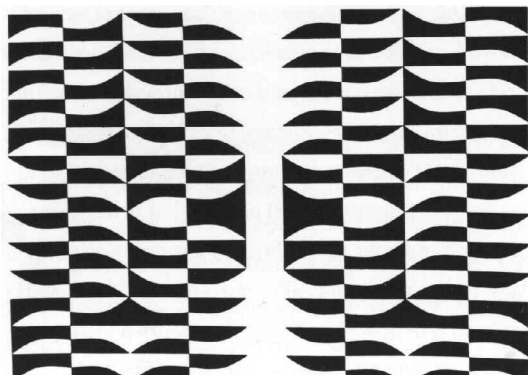


Fig. 5.3. M. Barbadillo. Conjunto monoforme (1964).

dono de la experiencia informalista y el comienzo de otra etapa caracterizada por una obra abstracta «estructurada», cuyos ecos alcanzan hasta 1963. La incesante búsqueda de un lenguaje más racional y equilibrado, conduce a Barbadillo a dividir el cuadro en dos zonas visiblemente diferenciadas, una con textura y otra lisa. La superficie texturada, por su parte, tiende paulatinamente a organizarse; de ahí que los cuadros de materia ejecutados en ese trienio (1960-1963) observen esquemas compositivos simétricos cada vez más pronunciados y unos ejes muy visibles. La etapa finaliza con la presencia dominante de la simetría en las composiciones.

La importancia de estos cuadros en la evolución posterior de la pintura de Barbadillo, de la que en ese momento no era consciente pero que con posterioridad se ha hecho suficientemente nítida, estriba en que «aunque fuesen

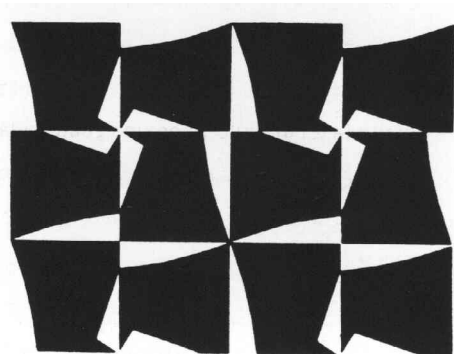


Fig. 5.4. Manuel Barbadillo. Sin título (1964).

la expresión de mis experiencias africanas, fueron también mis pasos iniciales hacia la cibernética. La división de sus superficies en dos elementos contrastados, opuestos, estableció ya las bases del lenguaje binario que después, una vez sustituidos objetos por símbolos, habría de desarrollar en mi pintura»³.

Cuando se produce su regreso a España del que hablábamos al principio, la obra de Barbadillo había avanzado mucho en la estructuración simétrica de las superficies, predominando el efecto reiterativo en las formas casi iguales que se han multiplicado

³ *Tambores y computadoras*, op. cit., pág. 85.

y cubren el lienzo agrupándose a modo de conjunto, aunque se mantiene el contraste entre zonas lisas y texturadas. Muchos años después reconocería Barbadillo la afinidad que sintió, al poco de llegar a Nueva York, con los artistas del *pop* americano, principalmente debido al uso del concepto de repetición, aunque no coincidiese con ellos en el tipo de objetos que empleaban⁴. Estos últimos cuadros de materia, que son de 1962, ofrecen unos ritmos casi mecánicos e insinúan ya la cuadrícula⁵.

Juan Antonio Aguirre ha resumido muy bien la apretada evolución de la obra de Barbadillo desde esa última fecha hasta 1964:

Antes de 1963, Barbadillo había llegado a convertir la pintura de materia en curiosas estructuras de repetición, llevado por un interés arquitectural surgido del aburrimiento ante una superficie prácticamente monótona. Estas estructuras estaban por lo general constituidas por la seriación de una franja realizada con el espesor de la propia materia, a modo de ligero relieve, y colocada vertical u horizontalmente repetidas veces en el cuadro. Pueden considerarse el puente de enlace entre sus anteriores obras matéricas y la fase que inmediatamente iniciaría. El paso siguiente fue la reiteración de formas iguales, pero con el definitivo abandono de la materia, que sin duda las individualizaba. Después de ciertos experimentos con cartulinas y piezas de madera troquelada, pero utilizando como elementos seriales los cuadrados y rectángulos, halló una silueta como de media ojiva, que permitiría una estructura menos estática, y la estuvo utilizando en 1964⁶.

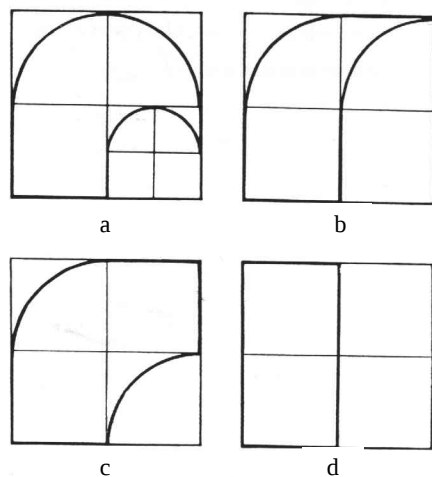


Fig. 5.5. Barbadillo. Módulos usados entre 1964 y 1979.

El interés creciente por la idea de repetición es, pues, el que conduce al pintor a dar el decisivo paso a abandonar la materia en sus composiciones: «De vuelta a España, al comprender que era repetición lo que buscaba, eliminé la textura e igualé a las formas, esquematizándolas geométricamente»⁷. Tan decisivo que durante 1963 y parte de 1964 puede hablarse de otra etapa, la abstracta geométrica, en rigor una fase protomodular caracterizada, como

⁴ *Ibidem*, pág. 84. La escasa brusquedad que, según el pintor, se produjo entre el desplazamiento de su interés por las antiguas civilizaciones preindustriales y el nuevo que sintió por la civilización posindustrial, radica en la secreta afinidad que para él hay, en determinados aspectos, entre ambas fases de la historia humana. *Ibidem*, pág. 85.

⁵ Véase, BARBADILLO, M.: «Materia y vida», en *Ordenadores en el arte*, op. cit., pág. 19.

⁶ AGUIRRE, J. A.: *Arte último. La «Nueva Generación» en la escena española*, op. cit., pág. 29.

⁷ *Tambores y computadoras*, op. cit., pág. 85.

se desprende del texto de Juan Antonio Aguirre, por un intenso experimentalismo que se materializa en obras de pequeño formato, sobre papel o cartulina (Fig. 5.1, Fig. 5.2 y Fig. 5.3), y sólo raras veces en algunos lienzos.

La Fig. 5.1 y la Fig. 5.2 (acrílico sobre cartulina, de unas medidas aproximadas de 50 x 65 cms.) constituyen dos ejemplos de ese tipo de obra marcadamente experimental que realiza Barbadillo a finales de 1963 y principios de 1964, inmediatamente antes del hallazgo de la silueta como de media ojiva que vemos en la figura siguiente. En ellos están ya presentes algunas de las características que darían lugar a un lenguaje espacial binario: abandono de la materia, oposición cromática (blanco-negro, generalmente), iteración, descomposición de elementos geométricos en unidades más pequeñas (antecedente del sistema modular de composición)⁸.

En cuanto a las cartulinas de experiencias monoformes realizadas a principios de 1964 (Fig. 5.3), en las que incorpora esa «silueta como de media ojiva» de la que habla Aguirre, suponen dos avances trascendentales: de un lado, un paso más en la correcta comprensión de la naturaleza binaria de la forma; de otro, la inesperada aparición del problema del movimiento. Ambos progresos, esto es, el empleo del lenguaje binario y la presencia del dinamismo

en las composiciones, constituyen la solución al *impasse* en que se halla Barbadillo como consecuencia del empleo sistemático de la redundancia formal a que le había llevado la progresiva eliminación de la materia y de los elementos subjetivos, adoptando de este modo las composiciones un carácter «muerto» y «vacío» que le habían dejado bastante insatisfecho.

La profunda indisociabilidad de ambas respuestas no excluye, por razones de método, un análisis diferenciado. Respecto a la solución aportada por la presencia del dinamismo, Barbadillo la ha explicado de la siguiente manera:

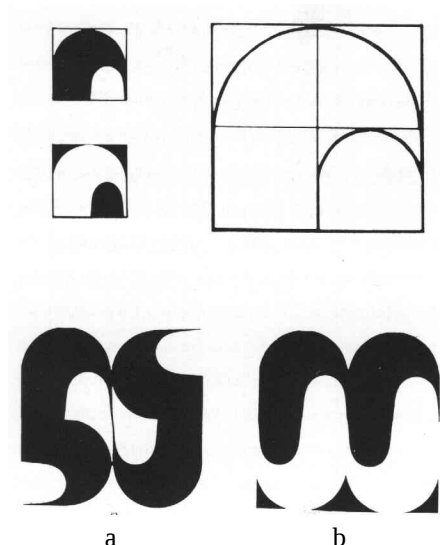


Fig. 5.6. Manuel Barbadillo. Módulo binario y macromódulos.

Mi primera solución a esto [al carácter «muerto» y «vacío» de las composiciones, a su aspecto de diseño] fue jugar a capricho con los módu-

⁸ Véase la versión actualizada de «Materia y vida», en *Manuel Barbadillo. Obra modular 1964-1994*, op. cit., pág. 61.

los para hacer vibrar la composición. De esta manera, más como ilusión o efecto óptico que como representación, hizo su introducción el problema del movimiento. Esta solución, sin embargo, me dejó pronto insatisfecho, por resultarme inconsistente con el grado de objetivación que ya había alcanzado mi obra. Pero sirvió para confirmar en mi propia experiencia [...] que en una obra abstracta el dinamismo es el verdadero determinante del «contenido» [...] Mi próximo objetivo fue dotar a la obra de dinamismo sin detrimento de su coordinación; de ser posible, con composiciones totalmente sistematizadas. Así di con el módulo con que experimento en la actualidad⁹.

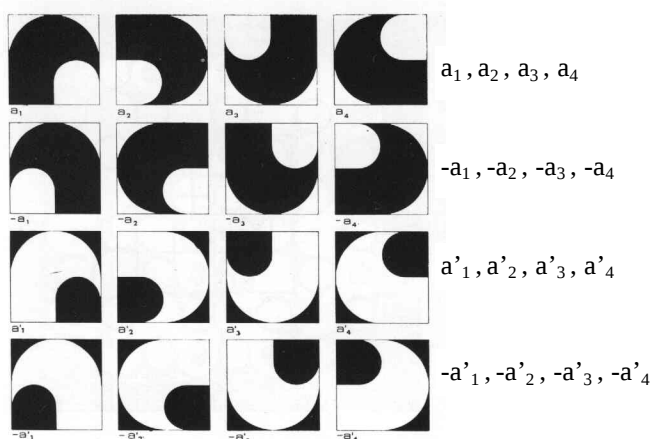


Fig. 5.7. Manuel Barbadillo. Módulo y elementos del módulo.

Respecto a la mejor comprensión de la naturaleza binaria de la forma que se insinúa en los conjuntos monoformas, escribe lo siguiente:

El primer problema con que me encontré después que mis cuadros se convirtieran en conjuntos de formas idénticas, alineadas unas junto a otras, fue la redundancia, la inexpresividad. Los cuadros resultarían «muertos», a menos que la redundancia se rompiera con la variedad formal. Como por alguna razón, que he comprendido después, me sentía compelido a no emplear más de una forma, el problema parecía no tener solución. La salida de esta tesitura fue la introducción de la versión negativa de dicha forma (negativa en el sentido fotográfico: con los colores invertidos; yo trabajaba en blanco y negro exclusivamente). Este paso me hizo comprender la naturaleza binaria de la forma¹⁰.

La introducción de la versión negativa de la forma mejoró notablemente los resultados, ya que «la forma negativa actuaba como un elemento distinto, con el que crear relaciones rítmicas». Al mismo tiempo, «invertir el

⁹ Ibídem, pág. 59-60. Sobre la importancia concedida por Barbadillo al problema del dinamismo en la historia de la pintura, véase la conferencia que pronunció en el CCUM en junio de 1969 reproducida en el Apéndice.

¹⁰ *Tambores y computadoras*, op. cit., pág. 85.

color de una forma en un conjunto cuadrículado suponía, como es natural, invertir también el color de su fondo, delimitándolo. Esto me habituó a conside-

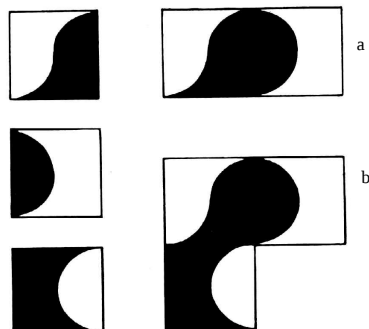


Fig. 5.8. Manuel Barbadillo. Crecimiento por fusión.

rar como forma, en mi pintura, no un área continua de color uniforme, sino la delimitación de un conglomerado de áreas de dos colores opuestos, en el que el color no definía [...] ni la forma ni el fondo. Ambos tenían igual consideración. La ambigüedad de ambos términos en mi obra, así como mis posteriores operaciones con ella, me indujeron a llamar “módulo” al conjunto blanquinegro con cuya repetición realizaba los cuadros»¹¹.

Este primer módulo está compuesto a partir de dos formas básicas o micromódulos y tiene forma de cuernecillo o «como de gancho encerrado en un cuadrado». Las dos formas básicas son un cuadrado y un cuarto de círculo, en ambos casos sujetas a ser utilizadas con los colores invertidos (Fig. 4.12 y Fig. 4.10). El módulo propiamente dicho, usado en solitario por Barbadillo desde 1964 a 1968, también tiene forma cuadrada, estando de hecho constituido por «las cuatro subcuadrículas iguales en que lo dividen un eje vertical y otro horizontal que se cruzan en el centro del cuadrado, porque los puntos significantes [...] son [...] el punto medio de cada lado del cuadrado y el vértice donde termina la punta afilada de la forma inscrita en el cuadrado»¹² (Fig. 4.11, pág. 122).

La determinación de adoptar este módulo cuadrado la tomó Barbadillo

al notar sus posibilidades para añadir información a un conjunto monoforme por medio de sus rotaciones, y por otros procedimientos, cuando se dan en su diseño las condiciones a que a continuación me refiero:

«Si en una composición de formas inscritas en un cuadrado, en un plano reticulado, se gira una de las formas (se cambia la base del cuadrado), la composición se altera, a menos que la forma sea un círculo o un polígono regular con cuatro lados, o un número de lados múltiple de cuatro, cuyo centro coincida con el centro del cuadrado. Por lo tanto, esa forma, en esa estructura, funciona como cuatro formas distintas.

Si la forma mencionada, representada por una zona continua de un color en un fondo de color distinto, se diseña de manera que alguna parte de su contorno coincida con el lado del cuadrado que la contiene, la forma se integra, al yuxtaponerlas, con otra que posea esta misma característica, colocada en la posición adecuada, creciendo y transformándose, pues:

- a) En una dirección, si la fusión del contorno de la forma con el lado del cuadrado se produce solamente en uno de los lados [Fig. 5.8a].
- b) En más direcciones, si tal condición se da en más de un lado [Fig. 5.8b].

¹¹ Ibídem, pág. 86.

¹² BARBADILLO, M.: Conferencia pronunciada en el CCUM en junio de 1969 (ver Apéndice).

Si en vez de a lo largo de todo el lado del cuadrado la fusión se produce sólo en su mitad, y la misma forma interviene en versiones positiva y negativa, la integración puede ser:

- a) Forma con forma y fondo con fondo [Fig. 5.6 a].
- b) Forma con fondo de su complementaria positivo-negativa [Fig. 5.6 b].

Lo cual favorece el control del crecimiento formal y aumenta, al mismo tiempo, las posibilidades plásticas de las formas resultantes de la integración»¹³.

El tipo de obra realizada por Barbadillo con el mencionado módulo entre 1964-1968 es el que vemos reproducido en la Fig. 5.9, donde se aprecia muy bien el número total de módulos (16) y de macromódulos (4) que contiene, originados por la fusión de módulos adyacentes cuyas zonas blancas o negras coinciden en color en el lado común. Estos últimos se deducen de dividir el cuadro en cuatro partes iguales. Los macromódulos opuestos en diagonal son exactamente iguales, aunque están girados uno respecto de otro. El macromódulo inferior derecha está girado 90° respecto a su opuesto del extremo superior izquierdo, y lo mismo ocurre con el macromódulo del extremo inferior izquierdo respecto del situado arriba a la derecha. Los cuatro macromódulos, a su vez, están girados consecutivamente 90° empezando por el de arriba a la izquierda, en el sentido de las manecillas del reloj (la primera vez que Barbadillo había empleado en sus composiciones cuatro giros consecutivos de 90°, había sido en 1964, al final de esa etapa experimental de la que hemos hablado más arriba) (Fig. 5.4).



Fig. 5.9. Manuel Barbadillo. Sin título (1966).

¹³ *Tambores y computadoras*, op. cit., pág. 87. Los párrafos entrecomillados proceden, como el propio Barbadillo señala en una nota, de un escrito suyo anterior («Módulos, estructuras y relaciones. Ideogramas del rapport universal». *Boletín de la Computer Arts Society*, Londres, noviembre 1970. Ahora en *Manuel Barbadillo. Obra modular 1964-1994*, op. cit., pág. 72).

El mismo cuadro podía ser susceptible de otros arreglos (Fig. 5.11), dependiendo de los giros y acoplamientos introducidos, y que en realidad vienen determinados por el tipo de trama cuadriculada y la forma exterior cuadrada del módulo. Asimismo, la unidad métrica de las partes rectas y curvas del módulo coloca en primer plano, según puede observarse, el problema del ritmo en la organización del cuadro.

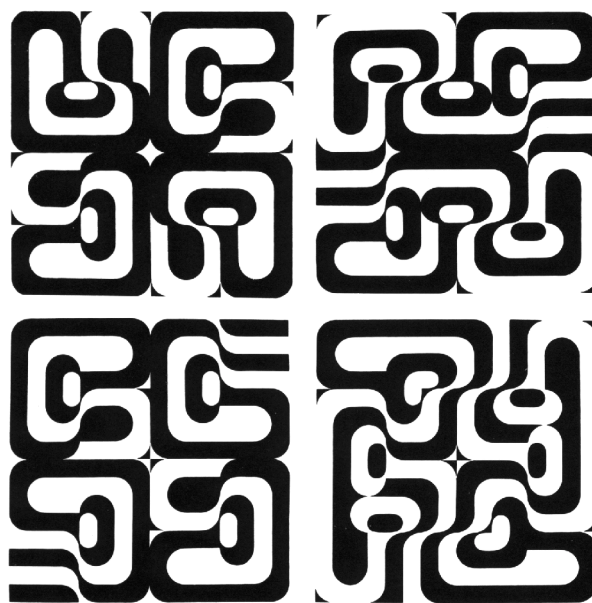


Fig. 5.10. Barbadillo. Obra del periodo 1968-1979.

La animación de los espacios muertos del cuadro dependía tanto de la estructuración de los módulos en determinadas posiciones como de la intervención de módulos negativos, que se integraban con aquellos espacios muertos, transmutándolos a su vez en forma complementaria. Aunque Barbadillo reconocía todavía en 1967 su dificultad para «convertir por completo el espacio en forma complementaria», ello no le impide darse cuenta del estrecho parentesco de su investigación con «la intuición del Constructivismo, que más que con forma y espacio operaba con zonas de color interrelacionado»¹⁴.

Dadas sus características, hacia 1965 Barbadillo sospechaba ya la posibilidad de un tratamiento informático a sus composiciones modulares¹⁵. No vamos a repetir de nuevo las circunstan-



Fig. 5.11. Barbadillo. Otro arreglo del cuadro de la Fig. 5.9.

¹⁴ *Materia y vida*, op. cit., pág. 60.

¹⁵ *Tambores y computadoras*, op. cit., pág. 87.

cias que motivaron el conocimiento por parte de Barbadillo del CCUM y su posterior incorporación al seminario de Formas Plásticas, aunque es fácil deducir, dadas esas características a las que había llegado su obra en la primavera de 1968, que su solicitud de investigación con la computadora despertase un lógico interés entre los responsables del Centro. Como él mismo ha señalado, no sólo estaba «preparado» para esa investigación, sino que su obra también estaba «lista»¹⁶.

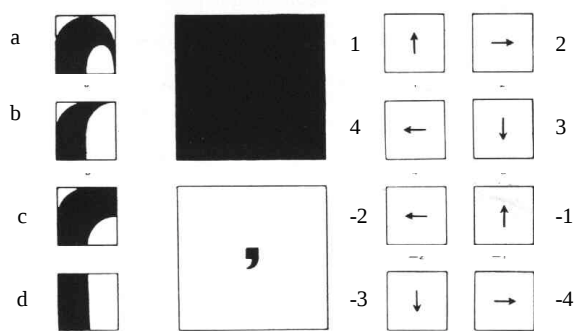


Fig. 5.12. Barbadillo. Funcionamiento de los elementos de los módulos.

Durante los cuatro años que Barbadillo había estado operando con el mismo módulo, pudo darse cuenta que la razón de fondo que le llevaba a aceptar unas composiciones y desechar otras no estaba relacionada con las características formales del módulo, esto es, no era de carácter estructural, sino que estaba relacionada con la manera en que se organizaban los componentes del cuadro y el modo particular de mantener relaciones rítmicas entre ellos. Aquella decisión de aceptar unas composiciones o de rechazar otras era de índole subjetiva, pero él sospechaba que respondía a algún tipo de razón objetiva. Esto era precisamente lo que pretendía investigar y averiguar con la computadora.

Sólo el primer año de asistencia al seminario bastó a Barbadillo para aumentar su repertorio de uno a cuatro módulos, aunque los programas que se diseñaron en el Centro durante ese periodo para estudiar e investigar acerca de su obra estuvieron exclusivamente referidos al primer módulo (Fig. 4.9, pág. 113). En la Fig. 5.7 observamos los cuatro conjuntos de oposiciones que podían realizarse con él: «El módulo podía tener dieciséis presencias diferentes en una cuadrícula: cuatro giros de 90° en la dirección de las agujas del reloj y cuatro giros de 90° en la dirección inversa, más sus complementos de color»¹⁷. Dado el extraordinario número de combinaciones de este módulo consigo mismo

¹⁶ Ibídem. Véase, también, *El ordenador. Experiencias de un pintor...*, op. cit., pág. 63.

¹⁷ *Tambores y computadoras*, op. cit., pág. 89.

(65.536 en una superficie dividida en cuatro cuadrículas; billones en una superficie dividida en dieciséis cuadrículas), se imponía un riguroso criterio de selección que cercenase muchas potenciales composiciones. Durante el curso 1968-69 se realizaron algunos programas al azar, con este criterio discriminatorio, que no dieron un buen resultado. Durante el segundo curso, en cambio, se avanzó en este sentido considerablemente, realizándose un programa bastante eficaz para el estudio de las relaciones entre elementos opuestos¹⁸. En realidad, lo que había ocurrido es que tanto Barbadillo como García Camarero y Lorenzo Carbonell Soto, que era el técnico programador en este caso, diéronse cuenta de que «aunque el criterio de selección tenía que ser subjetivo [...] existe cierta cualificación en las relaciones entre elementos opuestos [...] Como *opuestos* se consideran tanto las oposiciones en cuanto a color (a, a'), como en cuanto a dirección (a, -a), como a postura (a₁ y a₃, en sentido vertical, y a₂ y a₄ en sentido horizontal)»¹⁹. (Fig. 5.7).

Los tres nuevos módulos aparecidos en 1968, como consecuencia del trabajo y de la investigación emprendida por Barbadillo en el CCUM, y que junto al primero utilizaría durante el periodo 1968-1979, también proceden de las dos formas básicas ya mencionadas (Fig. 4.12 y Fig. 4.10). Los cuatro módulos se caracterizan por ofrecer una estructura muy similar (Fig. 5.5), ya que «en todos ellos, las partes rectas que coinciden con el lado del cuadrado, lo hacen a lo largo de todo él o de su mitad. Y las curvas son, o semicircunferencias o cuartos de una circunferencia cuyo radio es también igual a la mitad del lado del cuadrado (el perfil interior de una de ellas —módulo *a*— donde esta condición no se cumple es, idealmente, una reducción proporcionada del exterior)»²⁰.

Los cuadros realizados con estos cuatro módulos, de los que se ofrece un ejemplo en la Fig. 5.10, revelan ya un sistema modular bastante complejo, por lo que resultaba imprescindible evitar una producción indiscriminada y ajustarse a rigurosos criterios de selección como los que establecía el programa más arriba mencionado.

La cuestión del ritmo continuaba siendo esencial. Michael Thompson, un investigador británico miembro de la Computer Arts Society, se interesó vivamente a principios de los setenta por la obra de Barbadillo, aunque especialmente por esas relaciones rítmicas que los módulos mantenían entre sí en toda la superficie del cuadro. Su investigación se centró en la obra producida entre 1964-1968, aunque los resultados de su análisis pueden aplicarse también al periodo en el que Barbadillo trabaja ya con cuatro módulos. La intención de Thompson era «descubrir cómo incorporar a los programas de ordenador la capacidad de tomar algunas decisiones subjetivas», para lo cual los

¹⁸ Véase el apéndice de *Módulos, estructuras y relaciones (Ideogramas del rapport universal)*, op. cit, págs. 75-76.

¹⁹ *Ibidem*, págs. 74-75.

²⁰ *Ibidem*, pág. 73.

conceptos subjetivos, tradicionalmente descritos en términos de *conceptos abiertos* y faltos, por lo tanto, de la necesaria definición, deben estar «temporalmente» cerrados²¹. Los términos que acabó empleando para referirse a esas relaciones rítmicas fueron «tracking» y «skipping», esto es, «movimiento en carrilado» o continuo y «movimiento a saltos de los ojos» o discontinuo²². Así, «“tracking” era la secuencia resultante de la adición de zonas del mismo color, de dos o más módulos individuales, al generar (por fusión de sus límites) un módulo mayor o macromódulo. “Skipping” definía la relación existente entre las zonas blancas y las negras del interior de un módulo, entre módulos independientes y entre macromódulos. Ambos ritmos eran a su vez binarios también. Cada módulo o macromódulo tendría siempre su contrapartida (en el mismo —o inverso— color y postura) en la porción opuesta del cuadriculado»²³.

Ateniéndose a las definiciones de *tracking* y *skipping* ofrecidas en el artículo de Michael Thompson, Barbadillo interpreta el primer término como sinónimo de melodía musical, mientras que el segundo, el *skipping*, tendría que ver más con lo que en música son las pausas, los silencios. Más que el *tracking*, el elemento artístico viene representado por el *skipping*, en cuanto que su función principal es la de establecer relaciones entre elementos distantes de la composición²⁴.

Las bases lógicas y racionales de la obra modular de Barbadillo no excluyen la importancia concedida en ella por el pintor a la intuición y al substrato inconsciente del arte. De hecho, la intuición ha sido el «verdadero motor» de su obra, o lo que es lo mismo, que en la evolución artística de ésta parece confirmarse que las características lógicas del proceso se revelan siempre «a posteriori», esto es, corroborando lo que previamente había sido descubierto mediante un modo intuitivo. Durante el periodo del Centro de Cálculo, el ordenador fue, sobre todo, un «instrumento de análisis» para el conocimiento de su propia obra y de las leyes que la rigen. Sólo después llegó a convertirse en un auténtico «auxiliar en la creación»²⁵. Este carácter auxiliar de la máquina debe ser de nuevo subrayado aquí, de igual manera que otra peculiaridad que la complementa: el que en ningún momento de su trayectoria Barbadillo haya prescindido de la utilización de materiales, técnicas y soportes tradicionales en la ejecución de su obra, cuyo producto final y más acabado son siempre *cuadros*. El ordenador, como él mismo ha indicado, cumple también la función de «cuaderno de dibujo», pero los más convincentes de esos dibujos

²¹ THOMPSON, M.: «Arte por ordenador: un modelo visual para las pinturas modulares de Manuel Barbadillo», en CASTAÑOS ALÉS, E. (coord.): *Manuel Barbadillo. Obra modular (1964-1994)*, op. cit., pág. 45.

²² *Ibidem*, págs. 46 y 48.

²³ *Tambores y computadoras*, op. cit., pág. 89.

²⁴ Conversación con Barbadillo del 29 de junio de 1998. Sobre la relación entre la obra de Barbadillo y la música, véase, BRIONES MARTÍNEZ, F.: «Hacia una música modular. I. Introducción», en *Informática y Música*. Madrid, Fundación Citema, 1976, págs. 23-29.

²⁵ *Tambores y computadoras*, op. cit., pág. 91.

que acaban siendo seleccionados terminarán algún día convertidos en cuadros pintados. Todavía hoy, aunque ya hace bastante tiempo que él mismo elabora sus propios programas, Barbadillo gusta de trasladar a lienzo las composiciones seleccionadas y que previamente ha arrojado la impresora. Según ha manifestado en más de una ocasión, incluso prefiere que se perciba sobre la superficie de la tela el discurrir artesano de la mano del pintor al aplicar los colores blanco y negro con que «rellena» sus módulos. De ahí la deliberada «imperfección», la sutil textura que se aprecia al acercarse a ellos, cuando se supone que deberían ser superficies sin el más mínimo asomo de accidentes o huellas de la intervención humana. Pero de eso es, precisamente, de lo que Barbadillo desea dejar constancia: la emoción que suscita toda obra salida de las manos del creador²⁶. Aunque tampoco hay que magnificar esa circunstancia ni elevarla a la categoría de dogma. También él ha expresado en alguna ocasión su convencimiento de que «la obra se crea en el momento en que se decide “esta combinación vale” y “esta combinación no vale”. Ahora bien, el aspecto objetual para mí tiene importancia porque..., en fin, quizás eso sea inercia..., yo siempre he pintado y me gusta pintar y si no pudiese pintar no sabría qué hacer conmigo mismo»²⁷.

Otros dos aspectos de la sintaxis modular de Barbadillo sí merecen también un breve comentario. De un lado, el relacionado con la dimensión simbólica de su pintura, y que se expresa sobre todo a través de una visión dual del cosmos, de una dialéctica entre contrarios; de otro, el reflejo que puede columbrarse en ella de una concepción cibernética del funcionamiento del universo.

Quizás el pasaje donde más claramente expresa Barbadillo la dimensión simbólica de su pintura, sea ése que he reproducido en los primeros párrafos de este epígrafe, cuando el pintor se refiere al establecimiento en su obra de las bases del lenguaje binario y de la sustitución en ella de objetos por símbolos. Los símbolos son aquí las figuras geométricas, el cuadrado y el círculo principalmente, y el blanco y el negro. La importancia de la dualidad blanco-negro como expresión simbólica de la dualidad del cosmos, ya fue advertida en un temprano trabajo sobre el pintor por las historiadoras de arte María Dolores Aguilar y Rosario Camacho²⁸. En este sentido, en una entrevista que le hizo a principios de los setenta la poeta malagueña María Victoria Morales, y que permanece inédita, Barbadillo manifiesta su afinidad con las ideas de los antiguos pitagóricos, especialmente las relaciones entre física y música, la creencia en los números como esencia de las cosas y la visión del mundo como un permanente juego de los contrarios²⁹. La adopción de un lenguaje binario, expresado en su pintura en el empleo del blanco y el negro, pa-

²⁶ La primera exposición en la que Barbadillo mostró como obras acabadas composiciones en papel directamente salidos de la impresora, fue en su individual de obra reciente en la madrileña galería Aele-Evelyn Botella, en marzo de 1998.

²⁷ *Mesa redonda sobre la obra de Manuel Barbadillo*, op. cit., pág. 459.

rece aludir a ese «juego de los contrarios» del que hablaban los pitagóricos, pero en Barbadillo, más que manifestarse como oposición dialéctica, lo hace en el sentido de una complementariedad de los opuestos, en correspondencia también con la ambigüedad con que usa las nociones de fondo y forma.

Por su parte, Chantal Maillard, profesora de Estética de la Universidad de Málaga, ha llamado la atención sobre esta frase de Barbadillo que aparece al comienzo de su escrito *Materia y vida*: «Yo no puedo comprender el arte si no es en relación con el fenómeno general de la cultura, y a ésta la entiendo como el empeño por comprender el mundo y por adecuar a sus leyes la organización de la vida». Ese «empeño de comprender el mundo» vincularía a Barbadillo, según Maillard, con las estéticas tradicionales, cuya finalidad es dotar de sentido a la realidad (lo cual no puede ser posible «si no es mediante la organización de ciertos elementos para formar un conjunto»), servir como una hermenéutica y una guía. La relación de Barbadillo con los pitagóricos estaría precisamente en entender ese acto de organización, esto es, la «armonía», «como combinación de contrarios». Pero conjuntamente con el término armonía, continúa Maillard, los pitagóricos utilizaban el de «simetría» («es decir, que se puede medir conjuntamente las partes, y en la cual está incluida la idea de cálculo») y el de «euritmia» («esto es, “bien ritmado”, y en donde “bien” quería decir “movimiento adecuado”, “movimiento medido”, con lo cual también la idea de cálculo está incluida en la euritmia»). La armonía, por tanto, como concepto metafísico, significaba para los pitagóricos «“ajuste”, “ensamblaje”, “justa proporción”, esto es, el “orden”, “cosmos”, *cosmós*. El orden o *cosmós* del conjunto de todas las cosas, un orden por supuesto dinámico, ya que el orden del universo era dinámico, era entendido como dinamicidad por los pitagóricos, si bien esta idea venía de oriente: el movimiento de las fuerzas del universo que se ajustan en un todo»³⁰.

De otro lado, pero sin perder de vista esa noción pitagórica de «armonía», Maillard reconstruye el origen sánscrito de nuestra palabra «arte», cuya raíz es la misma que la de nuestra palabra «rito». La palabra sánscrita que quiere decir «ritual» o «rito» debe entenderse como «acto sagrado», «orden» de mantenimiento del universo. En este sentido es como el arte, esto es, la organización armónica de un conjunto de elementos, puede ser entendido como «rito», como «acto sagrado» que mantiene las relaciones para «dar forma», «dar sentido», «mostrar» o «crear» un mundo. «La obra de arte, por tanto, sería ritual, esto es, una acción sagrada, y tendría una función de símbolo —sabéis que el símbolo quiere decir el “paso”, el “reconocimiento” de dos partes[...]—. El arte como símbolo es la “recuperación” o el “reconocimien-

²⁸ AGUILAR GARCÍA, M^a D. y CAMACHO MARTÍNEZ, R.: «Vanguardia y tradición en la pintura de Manuel Barbadillo», en *Boletín de Arte*, n^o 3, Universidad de Málaga, 1982, pág. 246.

²⁹ Algunas de estas ideas, reelaboradas por el autor, aparecen recogidas en *Voces ancestrales en el horizonte cibernético*, breve texto de presentación que Barbadillo escribió para el catálogo de su mencionada exposición en la galería Aelee-Evelyn Botella, en marzo de 1998.

³⁰ *Mesa redonda sobre Manuel Barbadillo*, op. cit., pág. 452.

to” de lo invisible en lo visible, es decir, la “formalización”, la “información”, la “puesta en forma”»³¹.

Sobre este esquema genealógico de los términos «armonía», «arte» y «ritual», Maillard hace esta sugerente interpretación de la obra de nuestro pintor:

En este sentido de ritual, y ahora me vengo a la producción de Manuel Barbadillo, creo que su obra cumple la función de símbolo y la función de ritual. Veo esta obra como una especie de mandala³², como un *cosmogrom*, como un cosmograma (= el universo proyectado en su esquema esencial), y también como un psicocosmograma, es decir, que cuando vemos las leyes del universo estamos también ordenando de alguna forma la conciencia [...] de cada uno de nosotros, que no es distinta de la conciencia del universo³³.

La segunda parte de su interpretación, la que tiene que ver con el papel que juega el ordenador en la obra de Barbadillo, resulta ya más problemática. Según Maillard, de aquella correspondencia entre la mente y el universo se derivaría un peligro, el de la idea de consonancia, esto es, creer que el mundo o la realidad existen ya dados de antemano, independientemente de nosotros, y que nosotros lo que hacemos, a través por ejemplo del arte, es traducirlos: «El problema es que lo construimos todo en nuestra mente a través de nuestros instrumentos de percepción y que no podemos salirnos de ahí». Frente a este peligro, que para Maillard no es otro que el de «caer en un idealismo», en la obra de Barbadillo «la intervención del ordenador es un acto de humildad [...], porque el ordenador, que ha sido creado a imagen [...] de la estructura lógica mental, nos está [...] diciendo que todas esas combinaciones estructurales del universo son las combinaciones estructurales de *nuestro* universo, es decir, el universo que nosotros estamos creando. [...] No es que haya un mundo fuera de nosotros y lo vayamos traduciendo, no; es que nosotros lo construimos»³⁴.

Que no existe dado de antemano y que somos nosotros los que construimos el mundo con nuestros propios instrumentos de percepción, es otra manera de decir que nuestra imagen y concepción del mundo se hallan condicionadas por la época, que tienen una dimensión *histórica*, esto es, que cambian a medida que se modifican y desarrollan aquellos instrumentos y, consiguientemente, evoluciona nuestro pensamiento. Maillard prefiere expresarlo a través de una fascinante cita de Wittgenstein: «Creemos estar trazando una y otra vez el contorno de la naturaleza de la cosa y sólo trazamos el marco a

³¹ Ibídem, pág. 453.

³² El término hindú «mandala» significa círculo. Los mandala son una forma de *yantra* (instrumento, medio, emblema), diagramas geométricos rituales, algunos de los cuales se hallan en concreta correspondencia con un atributo divino determinado o una forma de encantamiento (*mantra*) de la que vienen a ser la cristalización visual.

³³ *Mesa redonda sobre Manuel Barbadillo*, op. cit., pág. 453.

³⁴ Ibídem, pág. 454.

través del cual la miramos», cuyo significado es semejante a algunas explícitas declaraciones de Barbadillo: «El arte no es más que una imagen del mundo válida en un momento determinado»³⁵, o «la cibernética es la visión del mundo más acorde con nuestros conocimientos actuales»³⁶.

¿Y el ordenador? ¿Qué función cumple en el desarrollo de la obra y en la concepción cibernética del universo que sostiene Barbadillo? Yo creo, aunque pueda parecer lo contrario, que una función secundaria; importante, ni mucho menos irrelevante, pero secundaria. Bien es verdad, como afirma Maillard, que la estructura interna del ordenador está hecha a imagen de la estructura lógica de nuestra mente, pero también lo es que la sintaxis modular y las diferentes combinaciones estructurales en la obra de Barbadillo surgen mucho *antes* de su primer encuentro con la computadora, cuyo empleo como *instrumento auxiliar de la creación* puede ser entendido si se quiere como una «lección de humildad» respecto a nuestras limitaciones para realizar determinados cálculos complejos (no otra es la postura de García Camarero cuando ve en él principalmente un instrumento que alivia al artista y lo libera «de la servidumbre condicionada por lo reiterativo y mecánico»), pero que no resulta decisiva ni en la gestación de aquella concepción («La computadora es sólo una consecuencia», ha dicho el pintor en la mencionada entrevista), ni, como acabamos de decir, en el establecimiento de los elementos característicos de su estilo artístico. Los ordenadores y su estructura de funcionamiento, en tal caso, serían como una confirmación colateral más, ya que pueden venir otras, de esa concepción, y «una ayuda, en la consolidación más que en el descubrimiento»³⁷, para el trabajo artístico.

En alguna ocasión, sobre todo a partir del empleo de cuatro módulos en 1968, Barbadillo ha hablado de organización molecular para referirse a los diversos niveles estructurales del cuadro, así como parece haber intuido una secreta afinidad y oculta correspondencia entre la evolución de su propia obra y la evolución de la materia y de la vida en general, en el sentido de que del mismo modo que la variedad de la vida, y con ella la libertad de elección de los individuos, aumentan a medida que la vida evoluciona y se hace cada vez más compleja, también las posibilidades combinatorias de los módulos que aparecen en sus cuadros, así como la libertad de elección para llevar a cabo las combinaciones, aumentan con la complejidad de las asociaciones modulares³⁸.

Sin embargo, lo que parece distinguirlo más pronunciadamente de los otros miembros del seminario, es el ingrediente cibernético de su pintura y la

³⁵ Conversación con Barbadillo del 29 de junio de 1998.

³⁶ ALCOBENDAS, M.: «Entrevista con Manuel Barbadillo», en AA.VV.: *La pintura contemporánea en Málaga. Málaga 1980-81-82*. Servicio de Publicaciones de la Diputación Provincial de Málaga, 1982, pág. 35.

³⁷ *Ibidem*.

³⁸ Así, por ejemplo, en *Materia y vida*, op. cit., pág. 60, y en *Módulos, estructuras y relaciones*, op. cit., pág. 71.

concepción cibernética del mundo que la acompaña, anteriores, creo importante subrayarlo una vez más, al encuentro con la máquina. Esa condición cibernética de su obra se manifestaría al menos en tres aspectos: a) el automatismo de los módulos para constituir macromódulos (sin este automatismo, que viene determinado por el formato cuadrado de los módulos y de los elementos del módulo y por la división de los bordes en blancos y negros para permitir las fusiones y los acoplamientos, los módulos no podrían adoptar las posiciones que les indica el programa); b) la capacidad de retroalimentación, cuya consecuencia es la autorregulación; c) la enorme capacidad combinatoria de los módulos. La imagen cibernética del mundo, de otro lado, sostiene dos formulaciones básicas a las que ya me he referido por boca del propio Barbadillo: de una parte, acepta la existencia de un universo contingente (el artista cibernético, a pesar de elaborar los programas, no controla todo el proceso, ya que hay aspectos o situaciones que él no puede predecir, esto es, no sabe con absoluta certeza cuál va a ser el resultado final); de otra, acepta la existencia de zonas o enclaves organizados³⁹ que tratan, a su vez, de potenciar y desarrollar la organización del cosmos.

³⁹ A ellas se refería Norbert Wiener en estas palabras de *Cibernética y sociedad* (op. cit., pág. 33) con las que Barbadillo encabeza su artículo *Voces ancestrales en el horizonte cibernético*: «La máquina y el organismo viviente son dispositivos que local y temporalmente parecen resistir a la tendencia general de aumento de la entropía».

5.2. José Luis Alexanco.

Las principales preocupaciones artísticas de José Luis Alexanco (Madrid, 1942) en la etapa inmediatamente precedente (1965-1968) a su experiencia cibernética en el CCUM, se habían centrado en la expresión del «problema del movimiento y de la transformación, así como [en] la búsqueda por neutralizar el aspecto psicológico, anecdótico, del acto creador. Ambas preocupaciones, junto a los conceptos entonces manejados por él de “apertura”, “aleatoriedad”, “programación” y “proceso”, le acercaban bastante de hecho al campo de respuestas posibles de las máquinas cibernéticas»⁴⁰.

Sobre toda esta etapa en su conjunto —de la que, desde el punto de vista metodológico, es necesario partir para comprender su posterior trabajo con la máquina, pero en la que no voy a profundizar ya que rebasa los límites marcados en la presente investigación—, dice el propio Alexanco lo siguiente a modo de resumen:

En el año 1965 finaliza un periodo de mi trabajo dedicado a la pintura y al grabado, en el que se ponen de manifiesto ciertas constantes que seguirán estando presentes en todos los sucesivos trabajos: aislamiento progresivo de una figura humana, repetición de determinadas posturas y estudio de éstas consideradas como principio de un movimiento.

La siguiente etapa —1965-1968— se caracteriza, técnicamente, por el abandono de la pintura como fin en sí y su utilización como medio de estudio de realizaciones posteriores en dos y tres dimensiones: serigrafías sobre plástico y esculturas en plexiglás y poliéster; temáticamente, por el desarrollo de las constantes antes enumeradas.

Lo que dio origen a este periodo fue la realización de un film en 8 mm en el que se tomaban como motivo unas pequeñísimas maquetas de figuras humanas realizadas en *papier maché*; se trataba de mostrar cierta idea de movimiento a partir de la utilización de filtros de color y de focos móviles, en la que tenían tanta importancia las figuras como sus sombras.

Después, en los siguientes trabajos y a partir de dicho film, se continúan estos estudios de movimiento tanto en dos como en tres dimensiones, utilizando también la multiplicación de la misma imagen con algunas variaciones. El desarrollo de estos trabajos tiene siempre como eje esta imagen antropomorfa, que, con el tiempo, ha ido evolucionando hasta el estado que presenta en 1968, cuando se inicia otro periodo con diferentes métodos de trabajo.

[...] Estas obras tridimensionales se reducen a las tres ideas básicas que originaron seis fotografías en blanco y negro: *Historia del hombre que cae* originó *Movimiento transformable I, III y III-bis*, *Historia del hombre que se da la vuelta* originó *Movimiento transformable II* y, finalmente, *Historia del hombre que corre* originó *Movimiento transformable IV y V*.

⁴⁰ CALVO SERRALLER, F.: *Alexanco: proceso y movimiento*. Madrid, Fernando Vijande, 1982, pág. 69.

En estos trabajos corpóreos se pretende dar una idea de obra abierta, en el sentido de que las diversas piezas que componen cada obra son susceptibles de diversas ordenaciones que, aunque no alteran su estructura, sí pueden hacer que presente diversos aspectos, e incluso variar su sentido. Son todas obras prorrogables, puesto que, al no ser fijo el número de piezas que las componen, siempre se les podrá incorporar cualquier nuevo elemento que mantenga las mismas características, sin que cambie por ello la estructura total⁴¹.

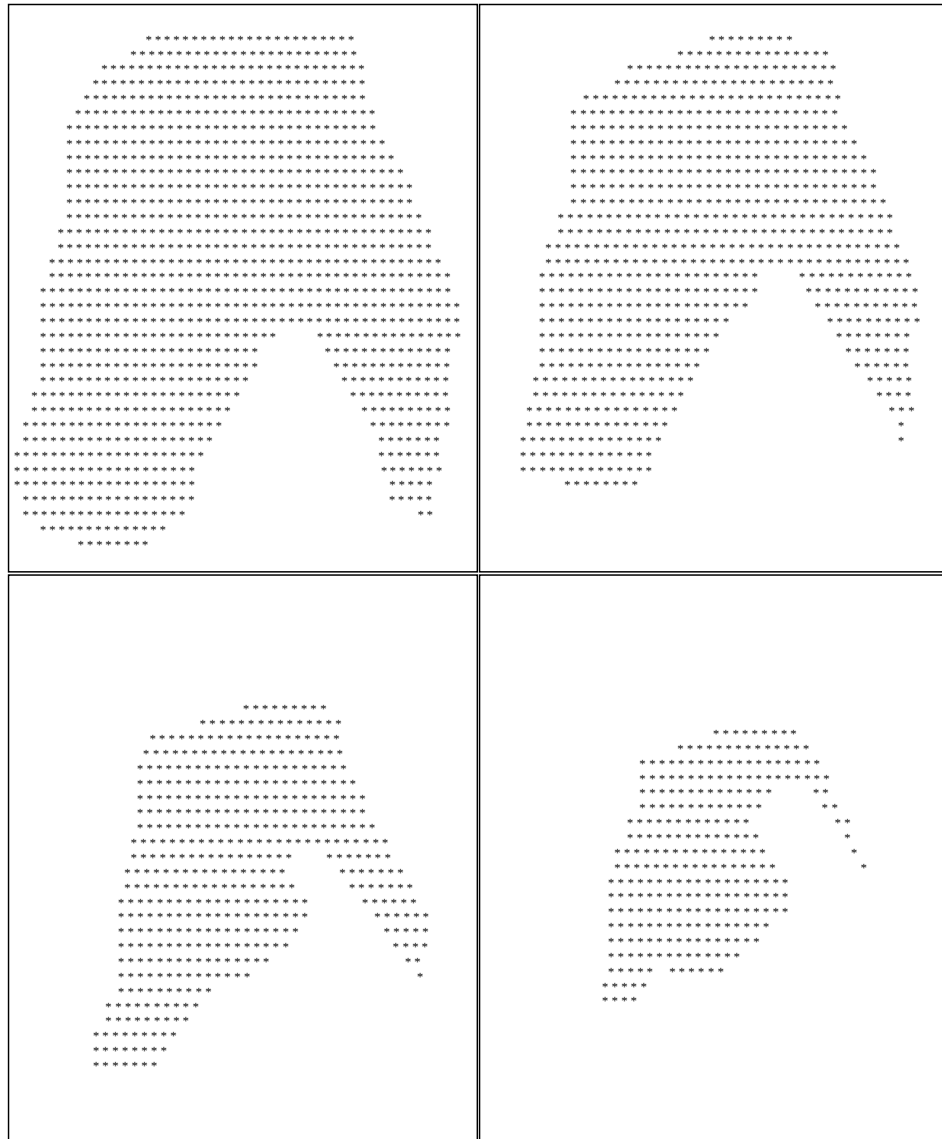


Fig. 5.13. José Luis Alexanco. Interpolación entre dos curvas de nivel tomadas como base.

⁴¹ ALEXANCO, J. L.: *Trabajos 1965-1968*. Madrid, edición numerada del autor, 1969.

Fuese porque el estado al que había llegado su investigación artística hacia 1968 lo predisponía a entrar en contacto con la calculadora electrónica, fuese porque el interés en las posibilidades abiertas por la máquina se le despertase durante las reuniones del seminario de Formas Plásticas, o bien fuese por la acción concertada de ambas situaciones, lo cierto es que Alexanco va a desarrollar entre 1968-1973 un complejo trabajo de generación automática de formas plásticas. Ya se ha hablado del papel clave que, junto a Manuel Barbadillo, tiene Alexanco en la constitución del seminario madrileño. Su extraordinario interés en la nueva experiencia queda demostrado, además, en el hecho de que aprendió lenguaje de programación, en concreto Fortran IV, para lo que le resultaron de gran utilidad las lecciones recibidas de su amigo Mario Barberá.

Los objetivos de su nuevo programa de trabajo están claramente trazados en tres escritos esenciales: *Posibilidades y necesidad de un análisis de un proceso intuitivo*, *Generation automatique d'un processus de transformation de formes tridimensionnelles* y *Procedimientos para la transformación o deformación de una forma dada*.

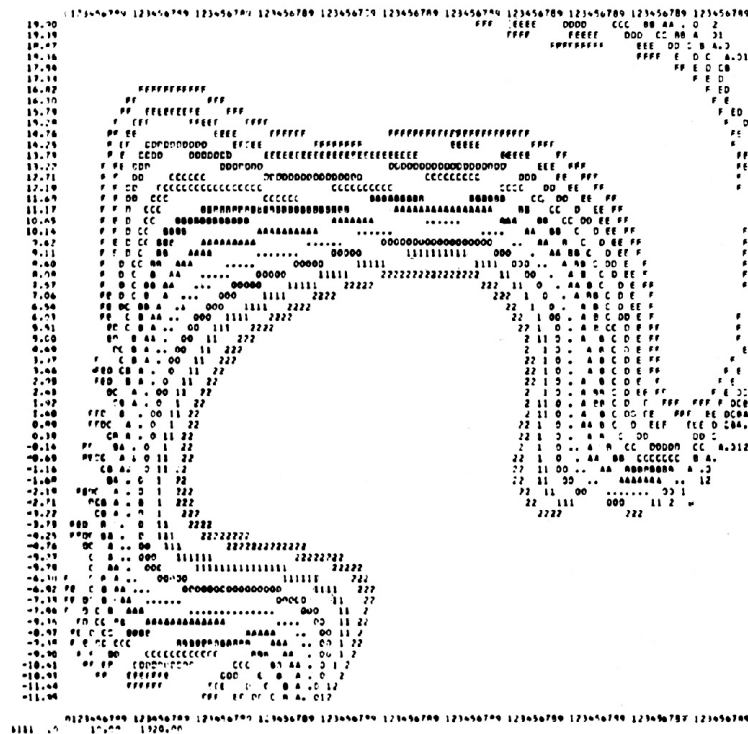


Fig. 5.14. José Luis Alexanco. Ajuste de 5º grado de una misma serie de curvas de nivel. Este ajuste se logra mediante un subprograma que es utilizado en la fase de estudio preliminar para la producción de una escultura constituida por discos.

El primero de ellos es un artículo que apareció por vez primera publicado en el libro *Ordenadores en el arte* y está dividido en dos partes. En la primera, a partir de la dialéctica general entre el contenido y la forma, Alexanco se plantea «la sintetización de un proceso artístico de formas y contenidos». Este planteamiento requiere, como de hecho viene ocurriendo en la obra de Alexanco desde 1965, la construcción de un «alfabeto» (sistema de signos), con el que pretende llegar a «unidades elementales» susceptibles de ser ordenadas a fin de configurar «frases»⁴². Él mismo explica cuál es el principal problema encontrado durante el proceso:

En este proceso de sintetización de formas y contenidos hasta llegar a la reducción de las «unidades expresivas» más elementales, destaca como problema más importante la objetivación progresiva del «potencial comunicable» que en un principio contenían las formas expresionistas [ya que ha partido de este tipo de formas]. Dichas «unidades elementales» — módulos— situadas sobre un espacio estructurado, han ido evolucionando, dando lugar en cada momento de su evolución a agrupaciones — frases— capaces de alterar su significado al alterar su orden. Su significado plástico dependería de la relación de unas unidades con otras, de su ordenación, del número de elementos agrupados, del color de cada elemento (ya que la percepción visual puede alterar una forma en función del color), etc⁴³.

De lo que se trata, pues, es de «llegar a la sintetización de un alfabeto de formas situadas en el espacio, que diera lugar a ordenaciones en el tiempo», dando asimismo lugar «a una obra abierta, prorrogable siguiendo la ley de cada ordenación y prolongable por cada uno de sus límites». La idea que preside todas estas investigaciones, anteriormente ya señalada, es la de movimiento, el cual «debe evolucionar en un estado continuo de dinamismo»⁴⁴.

La segunda parte del artículo está dedicada a desarrollar la concreción de la mencionada búsqueda objetiva a través de la ayuda proporcionada por la computadora. En definitiva, se trata de «continuar la evolución del módulo de una forma más racional, lo que se puede lograr por varios procedimientos distintos, a través de una serie de fases diferentes», que explica a continuación.

⁴² ALEXANCO, J. L.: «Posibilidades y necesidad de un análisis de un proceso intuitivo», en *Ordenadores en el arte*, op. cit., págs. 25-26.

⁴³ *Ibíd.*, pág. 26.

⁴⁴ *Ibíd.*, pág. 27.

Los otros dos escritos son mucho más explícitos respecto del esquema de trabajo y las etapas del proceso llevado a cabo con ayuda de la computadora. En el que he mencionado en tercer lugar, después de aceptar «la necesidad de crear una estructura evolutiva abierta que controlara las posibilidades de transformación de cualquier forma no geométrica (superficies curvas cerradas) inscrita en una retícula tridimensional», afirma lo siguiente:

El que esta forma tridimensional (escultura) fuese el final o el último eslabón de un proceso anterior (hasta 1968), y el hecho de utilizar un ordenador (herramienta de cálculo rápido), hacía disminuir para mí el interés en mantener ciertos criterios formales y en buscar un resultado acabado en cada modificación; en considerar como obra una materialización de un momento del proceso, en concederle valor «estético» al fragmento de una idea, y, por consecuencia, aumentaba el interés en el proceso completo (con número ilimitado de elementos), considerando éste como la verdadera obra⁴⁵.

⁴⁵ ALEXANCO, J. L.: «Procedimientos para la transformación o deformación de una forma dada», en *Trabajos sobre generación automática de formas 1968-1973*. Madrid, edición del autor, 1973.

De estas palabras, junto a la creciente despreocupación por el valor estético-formal de los resultados, se constata, lo cual me parece fundamental, el interés de Alexanco en el aspecto procesual de la obra de arte, en línea, por un lado, con las formulaciones teóricas de varios de los principales exponentes del *computer graphic* (Frieder Nake, Georg Nees y Herbert W. Franke), y, de otro lado, asimismo en sintonía con algunas de las propuestas teóricas del arte conceptual.



Fig. 5.15. José Luis Alexanco. Escultura realizada con el programa *Mouvnt* (1969).

En cuanto al desarrollo específico de todo este proceso de generación automática de formas plásticas emprendido en el Centro de Cálculo, precisa lo siguiente el propio Alexanco:

El trabajo comienza a partir de la última transformación del módulo [*Movimiento transformable V*] [Fig. 5.16]. Se trataría, al comienzo, de seguir su evolución y, a partir de las fases evolutivas donde se presentan ciertas características previstas en el programa, determinar las leyes para

la formación de agrupamientos.

Como base [de todo el proceso] se realizan treinta^(*) curvas de nivel del módulo, definiéndolo así en forma de matriz cúbica formada de ceros y de unos (espacio y masa).

Como de lo que se trata es de obtener una evolución por medio de las transformaciones sucesivas de una forma tridimensional, el interés del resultado reside en el proceso completo de la mencionada transformación. Para su obtención, se dispone de una terminal de pantalla de rayos catódicos IBM 2250.

Esta unidad de salida permite observar y controlar gráficamente todo el proceso del problema, y ofrece la posibilidad de intervenir en su desarrollo gracias a dos teclados de comandos (teclado de funciones y teclado alfanumérico) y a un lápiz electrónico.

El programa incluye un programa principal que proyecta la imagen inicial sobre la pantalla y que tendrá bifurcaciones previstas en dirección a una serie de treinta y dos subprogramas (funciones) como máximo, gracias a las detecciones sobre la pantalla del lápiz electrónico. Sobre la imagen que se encuentra en la pantalla, cada subprograma realizará un tipo diferente de transformaciones (interpolaciones sucesivas sobre las curvas de

(*) Es una errata del texto. Debería decir «veinte».

nivel, movimientos giratorios de diferentes grados de cada una de las curvas, inclinación del eje de giro, ajuste de las superficies gracias a polinomios de grado K, modificación de sus coeficientes, etc.) que se fijan con nuevas detecciones del lápiz electrónico. Se tendrá también prevista la variación de los parámetros, determinados en todo momento mediante el trabajo de las funciones, anteriormente citadas por medio del teclado alfanumérico.

Los datos iniciales serán reemplazados por los resultados obtenidos, lográndose así una película de duración ilimitada donde el comienzo se pierde definitivamente una vez que todo se ha puesto a funcionar⁴⁶.

Paralelamente a los problemas de carácter técnico, Alexanco reconoce la aparición de otros de orden puramente estético en el desarrollo de su investigación, «probable consecuencia», piensa, de la «profundización en un proceso creativo que había sido bastante subjetivo hasta hacía bien poco». Entre los más significativos, aduce, en primer lugar, el de «saber si las imágenes sucesivas de esa película serán suficientemente satisfactorias desde un punto de vista estético»; en segundo término, si, por dar con la validez de algunas de



Fig. 5.16. J. L. Alexanco. *Movimiento transformable, V* (1967).

ellas, será necesario explorar sistemáticamente todas las posibilidades⁴⁷.

En cuanto a las principales etapas del proceso, también han sido descritas por Alexanco:

⁴⁶ ALEXANCO, J. L.: «Generation automatique d'un processus de transformation de formes tridimensionnelles», en *L'ordinateur et la créativité*, op. cit., págs. 120-121. Las formas que se ven en la pantalla y otros aspectos del proceso, recuerdan el trabajo realizado por R. Mallary para hacer escultura.

⁴⁷ *Ibidem*, pág. 122.

La primera es una etapa de tanteos y ensayos, con pequeños programas para terminal de impresora independientes entre sí, que permitieron calibrar las posibilidades o lo adecuado de la utilización del ordenador para la generación de esta obra determinada. Se comprobaron, con la fabricación de cuatro modificaciones calculadas manualmente, las posibilidades y el interés de la forma elegida, y, simultáneamente, la imposibilidad (temporal) de calcular manualmente todo el proceso..., o por lo menos de la inutilidad o falta de sentido de invertir años y dinero en un trabajo de esta naturaleza. La segunda etapa, constatado lo anterior, comprende la creación del programa completo, con la variación de la utilización de un trazador de curvas o *plotter* en lugar de la impresora. El trazador de curvas es capaz de dibujar los resultados con una precisión que, en función de nuestras necesidades, puede considerarse perfecta, mientras que el terminal de impresora exigía una manipulación posterior del resultado. Este programa, capaz de trabajar durante un tiempo ilimitado según los datos que se le suministran, produce unos resultados fácilmente reconstruibles en tres dimensiones. La tercera etapa consiste en el mismo programa adaptado para obtener los resultados sobre un terminal de pantalla de rayos catódicos⁴⁸.

Los múltiples problemas técnicos surgidos se ponen especialmente de manifiesto en los cinco subprogramas (interpolaciones, giros, dilataciones, traslaciones y transformaciones) modificadores de la forma inicial con los que trabaja en la segunda etapa del proceso. Acerca de ellos dice

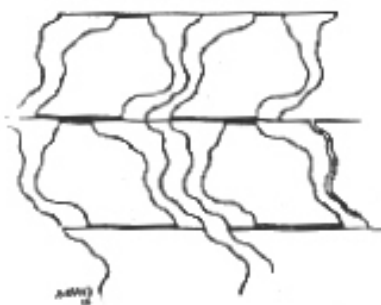


Fig. 5.18. Alexanco. *Proyecto M.T., V* (1968).

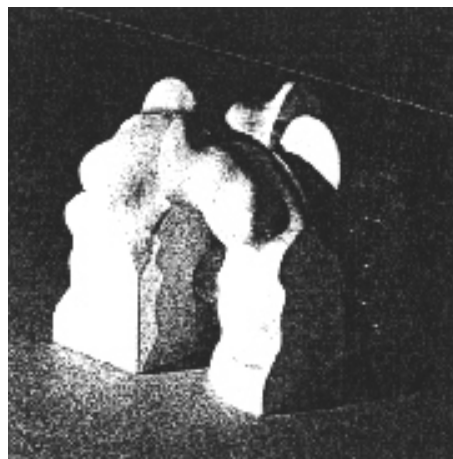


Fig. 5.17. José Luis Alexanco. *Génesis de Mouvnt, IV* (1969).

⁴⁸ ALEXANCO, J. L.: «Procedimientos para la transformación o deformación de una forma dada», en *Trabajos sobre generación automática de formas 1968-1973*, op. cit.

el artista:

De estos cinco tipos de modificaciones, dos de ellos, giros y traslaciones, cambian la relación de cada curva con las demás, produciéndose una modificación de la superficie total. Los otros tres, interpolaciones, dilataciones y transformaciones, modifican además las propias curvas. Todos ellos tienen, con la elección por el usuario de los parámetros correspondientes, una cantidad ilimitada de posibilidades, que aumenta considerablemente al ser encadenables⁴⁹.

Una de las personas que con mayor rigor y detenimiento ha estudiado este periodo cibernético de la trayectoria artística de Alexanco, el crítico Francisco Calvo Serraller, ha subrayado oportunamente la «desmaterialización de la obra resultante» y «la progresiva volatilización del creador como sujeto» que se desprenden del uso del ordenador por Alexanco, lo cual se corresponde con esa despreocupación estético-formal y el creciente interés en los aspectos procesuales del trabajo artístico que han sido anteriormente señalados. A lo que añade este revelador comentario: «La última etapa consagra la total autonomía del programa, que deviene herramienta ideal para un uso indiscriminado. De manera que, de fabricar una obra, Alexanco ha pasado a inventar un medio. Por lo demás, es curioso que acabe en una especie de film lo que se inició, incluso antes de pensar en computadoras, con un film [se refiere a la película en 8 mm realizada por Alexanco antes de su experiencia en el Centro de Cálculo], el medio tecnológico de animación por excelencia de nuestro siglo»⁵⁰.

Sin embargo, nadie como el propio Alexanco ha dado cuenta del alcance al que llegó su experiencia en el CCUM, a la que se entregó con una dedicación y un compromiso con las posibilidades mismas del empleo de la computadora verdaderamente inusuales:

El programa MOUVNT con la necesaria adaptación de programación para este terminal, obtiene el resultado en forma de filme en tiempo real formado por el movimiento generado al considerar sucesivamente el conjunto de transformaciones. Se consigue así un grado más alto de interacción hombre-máquina, al poder incidir directamente en el programa durante su proceso [...]

Esta última etapa, que, como ya dije anteriormente, acusa más la preponderancia de la obra-idea sobre la obra-objeto, se centra más en la propia capacidad de evolución de la estructura de la idea y tiende a la puesta en marcha de un sistema creacional en el que mi participación se limita a la estructura evolutiva, pero capaz de funcionar sin mi participación posterior.

⁴⁹ *Ibíd.*

⁵⁰ CALVO SERRALLER, F.: *Alexanco: proceso y movimiento*, op. cit., págs. 73-75.

Sus resultados posteriores, partiendo de la base de la validez del sistema, serán capaces de irse desarrollando según las influencias de su entorno y escaparán de su situación original, sin posibilidades de retorno⁵¹.

Las figuras en tres dimensiones obtenidas al final de todo el proceso, realizadas en plástico y metal (Fig. 5.15), fueron posteriormente utilizadas por Alexanco para, mediante agrupamientos, crear diferentes composiciones. En otros casos, el trabajo desarrollado con la máquina, fue aprovechado para realizar series de obras bidimensionales.



Fig. 5.19. José Luis Alexanco. *Mouvnt* (1972).

⁵¹ ALEXANCO, J. L: «Trabajos sobre generación automática de formas, 1968-1973», en *Boletín de la Fundación Citema*, núm. monográfico sobre «Creatividad e informática», op. cit., pág. 39.

5.3. José María Yturralde.

Los dos motivos principales que impulsaron a José María López Yturralde (Cuenca, 1942) a entrar en contacto con la computadora fueron, de un lado, el tipo de reflexión y de discurso teórico que se estaba haciendo dentro del grupo valenciano *Antes del Arte*⁵², al que él pertenecía desde su creación en 1968, y, de otro lado, las características de orden estructural a que había llegado su obra, en concreto las *Estructuras seriadas*, que entonces realizaba de manera muy intuitiva, en los meses inmediatamente anteriores a su experiencia en el Centro de Cálculo. Desde su temprana incorporación al seminario madrileño, Yturralde mostró una especial sensibilidad por el alcance práctico del empleo de la computadora con fines estéticos, por los nuevos campos de investigación abiertos por los medios tecnológicos y por los problemas de carácter metodológico derivados de ellos. La mejor eficacia en el uso de la máquina, «nos obliga a reconsiderar nuestros propios métodos de trabajo y definir nuestra intención, debiendo profundizar al máximo y presentar los problemas de la forma más exhaustiva posible»⁵³. Asimismo, su noción de los objetivos del seminario resulta muy clara desde el principio:

Comenzamos nuestras reuniones [...] con el propósito de encontrar unas constantes formales y estructurales en las obras pictóricas más representativas a través de todas las épocas. Pensamos, como posible punto de partida, analizar de una manera computable estas obras. Mediante un proceso estadístico de los datos analizados, se podrían deducir unas constantes reduciendo a esquemas elementales contenidos «últimos» plásticos de todas las estructuras⁵⁴.

En este mismo texto también quedan meridianamente claras cuáles son las premisas teóricas en relación al concepto de «forma» de las que parte Yturralde, manifiestamente influenciadas por la *Gestalt* y la psicología de la percepción:

[...] no existen formas básicamente «bellas» [...] cada forma tiene su valoración particular en la determinada circunstancia en que se halla [...] Las formas y sus desarrollos tienen infinitas variantes en varias dimensiones. Nosotros las utilizamos como elementos expresivos de un lenguaje, es decir, como un sistema de signos que sirven para transcribir como intermedios un pensamiento o una «información». Esto es, que la «Genera-

⁵² Véase, GIRALT-MIRACLE, D.: «Vagando en el desierto, viendo la estrella. Conversación entre José María Yturralde y Daniel Giralt-Miracle», en MUÑOZ IBÁÑEZ, M. (dir.): *José María Yturralde. Preludios / Interludios*. Diputación de Valencia, 1996, pág. 29. El fundador del grupo, Aguilera Cerni, había llamado la atención sobre el enorme desfase que había en 1968 entre las realizaciones del arte y las de la ciencia, criticando de paso la sujeción del arte a toda clase de «intuiciones, irracionalidades y anacronismos». AGUILERA CERNI, V.: «‘Antes del Arte’: sobre un propósito y un significado», en GARNERÍA, J. (coord.): *Antes del Arte*, op. cit., pág. 55

⁵³ YTURRALDE, J. M^a: «Sistematización del análisis pictórico con vistas a la generación plástica con ordenador», en *Ordenadores en el arte*, op. cit., pág. 35.

⁵⁴ *Ibidem*.

ción de Formas Plásticas» debe surgir de una necesidad de eficacia comunicativa y, por lo tanto, responder a una «intención», creando un estado de control exhaustivo de las formas y medios expresivos, en concordancia con una información adecuada de los datos, estímulos de las formas y colores, direcciones lógicas pregnantes, luz, movimiento, etc., y su utilización racional en la expresividad⁵⁵.

Teniendo presentes determinadas consideraciones metodológicas⁵⁶ que deben cumplirse en todo proceso de creación de una forma o un objeto (definición, funciones, sentido e intención del objeto, datos físicos y perceptuales del objeto en sí, relación del objeto con el medio), y que Yturralde sintetiza de manera esquemática en la segunda parte del artículo del que proceden las dos citas anteriores, podrá comprenderse mejor el trabajo con la máquina que desarrolló Yturralde en el CCUM. Esta investigación aparece resumida en un segundo artículo, «Ejemplo de una aplicación metodológica

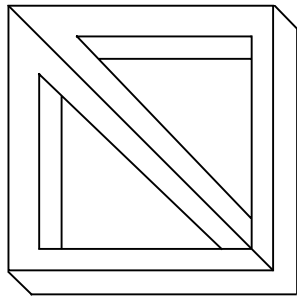


Fig. 5.20. José María Yturralde. Figura imposible.

continuyendo un trabajo sobre estructuras geométricas», donde Yturralde propone un ejemplo práctico de creación, a través del ordenador, de lo que viene llamándose figuras ambiguas o «imposibles»⁵⁷, estudiadas a finales de los años cincuenta por L. S. y R. Penrose, sin duda su tarea nuclear en el CCUM. Poco antes, Yturralde también había realizado algunas figuras móviles de muaré (tela fuerte que forma aguas), obtenidas al superponer, con pequeña desviación de ángulo, dos redes de difracción, otro

ejemplo de su interés por la psicología experimental y la ilusión óptica⁵⁸.

⁵⁵ *Ibídem*.

⁵⁶ La importancia concedida por Yturralde a las cuestiones de método procede del mencionado grupo de vanguardia valenciano al que pertenecía: «Antes del Arte, sin negar sus claros parentescos con las corrientes gestálticas, nunca quiso ser parte de ninguna tendencia, sino una mera experiencia metodológica que preveía su propia desaparición una vez realizada». AGUILERA CERNI, V.: «Notas sobre Antes del Arte», en GARNERÍA, J. (a cargo de): *Antes del Arte*, op. cit., pág. 31

⁵⁷ Las figuras imposibles a las que Yturralde prestó su atención y continuó concediéndosela después del periodo del seminario madrileño, tienen sin duda numerosos puntos de conexión con los espacios imposibles y las paradójicas arquitecturas, principalmente realizadas con la técnica del grabado, del temático y dibujante holandés Maurits Cornelis Escher (1898-1972), un autor por el que Yturralde ha sentido siempre verdadera devoción y del que ha comisariado recientemente la más completa exposición de obras gráficas vistas hasta ahora en España, celebrada en la fundación Carlos de Amberes, de Madrid, en marzo de 1996. Aun reconociendo la influencia en Escher del surrealismo y admitiendo que su obra parte de imágenes y no de teorías científicas, Yturralde ha destacado su amistad con científicos y la profesión de ingeniero y de cristalógrafo de su padre y hermano, respectivamente. Basada, según Yturralde, en la sucesión armónica de estructuras, ondulaciones energéticas y modulaciones espaciales, la obra de Escher fue ampliamente revisada, con motivo del centenario de su nacimiento, en una magna exposición celebrada en octubre de 1998 en el Kunsthof de Rotterdam. Véase, YTURRALDE, J. M^a (coord.): *El mundo de Escher: el espacio transfigurado*. Madrid, Fundación Carlos de Amberes, 1996.

⁵⁸ Véase el catálogo de la muestra *Antes del Arte*. Madrid, galería Eurocasa, octubre de 1968, pág. 23.

La figura imposible (Fig. 4.16, pág. 127, y Fig. 5.20), llamada así porque no puede existir en la realidad, «surge cuando se pretende obtener una figura tridimensional utilizando datos bidimensionales»⁵⁹, y constituye una modalidad especialmente ilustrativa en referencia al comportamiento de la percepción.

La insuficiente información visual recibida por el cerebro, impide que la percepción pueda «localizar en profundidad los planos de la figura, dándose así una situación ambigua e insoluble, un conflicto entre la tendencia estructurante del proceso perceptivo y el análisis de la imposibilidad que le ha sido planteada»⁶⁰. Estas figuras revelan una completa falta de sentido, provocan en el espectador una tensión emocional, son en sí mismas paradójicas y crean un enigma visual. Son, además, un símbolo del universo tenso y paradójico en el que vivimos⁶¹.

Aunque Yturralde también se ha referido a ellas como un aspecto restringido «del estudio general de la modulación expresiva del espacio»⁶², no cabe duda que son aquellos aspectos relacionados con la fenomenología de la percepción y la necesidad metodológica de una comunicación eficaz de la obra plástica con el espectador, los determinantes de la experiencia llevada a cabo con las figuras imposibles. De ahí que el objetivo primordial perseguido sea el de

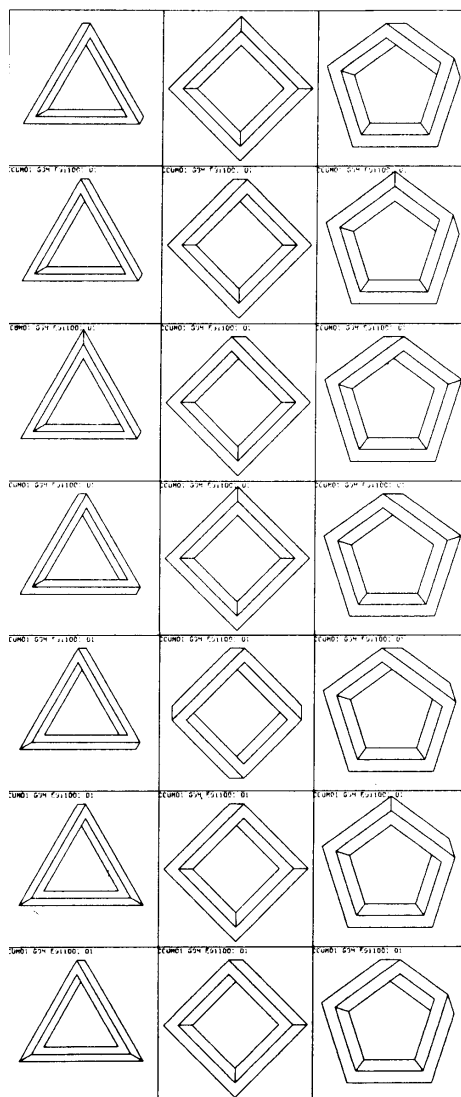


Fig. 5.21. Yturralde. Obra expuesta en 1971.

⁵⁹ AGUILERA CERNI, V.: «'Antes del Arte': sobre un propósito y un significado», en GARNERÍA, J. (coord.): *Antes del Arte*, op. cit., pág. 59.

⁶⁰ Catálogo de la exposición *Antes del Arte*, op. cit., pág. 24.

⁶¹ YTURRALDE, J. M^a: «Ejemplo de una aplicación metodológica continuando un trabajo sobre estructuras geométricas», en *Ordenadores en el arte*, op. cit., pág. 42.

⁶² YTURRALDE, J. M^a: *Estructuras 1968-1972. Series Triangular - Cuadrados - Cubos - Prismas*. Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1973, pág. 7. Más adelante, en la pág. 27, también dice que «la capacidad modular de los espacios que producen estas figuras es infinito».

«concienciar al espectador de su propio proceso perceptivo», avisarle «de que puede ser manipulado». El carácter didáctico, desde el punto de vista perceptivo, de estas figuras permite que el espectador adquiriera conciencia «de que el conocimiento que tenemos del mundo no se corresponde con la primera visión», esto es, la que nos entra a través de los sentidos, sino que ese conocimiento se debe a un proceso de aprendizaje:

Ante el espectador se representa algo que ese espectador ve, pero que no es posible visualmente. Por tanto, es como si hubiera un engaño. Una sensación muy lógica, que la siente todo el mundo, aunque no todo el mundo sepa explicarla. Porque, en el fondo, esa misma sensación podría servir para explicar que el mundo no es como nos parece que es⁶³.

En cuanto a la forma geométrica que presentan las figuras imposibles, básicamente el triángulo y su proyección tri-espacial, el tetraedro, y el cuadrado y su proyección tri-espacial, el hexaedro regular o cubo, responde también a poderosas razones de orden simbólico, filosófico y cultural, que han sido resumidas por Yturalde⁶⁴. Apoyándose en los penetrantes estudios de Matila C. Ghyka⁶⁵ sobre la estética de las proporciones, Yturalde nos recuerda, acerca del triángulo, que constituye «la primera posibilidad de cerrar un espacio plano» y que «ha servido como base de toda la geometría euclidiana». Después de ponderar las cualidades del triángulo egipcio o pitagórico, llamado también de Plutarco (triángulo rectángulo cuyos lados son proporcionales a los números 3, 4 y 5, y que fue ya usado por los agrimensores egipcios y griegos y por los arquitectos de la Persia aqueménida y sasánida), y las de los triángulos diofánticos (cuyos lados son proporcionales a números enteros), Yturalde se detiene en los diversos significados simbólicos que las distintas culturas le han dado al triángulo, desde simbolizar el fuego y el impulso ascendente hacia la unidad superior (caso del triángulo regular con el vértice hacia arriba), hasta la riquísima simbología del número tres. Por lo que se refiere al cuadrado y su proyección tri-espacial, el hexaedro regular o cubo, Yturalde subraya «su carácter estático, severo y de ritmo equilibrado», su mayor capacidad para fijar la atención y «su perfecta verticalidad-horizontalidad», lo que le hace más adaptable «a su posible uso por el hombre, como lo demuestra toda la arquitectura». La fascinación ejercida a lo largo de toda la historia del arte por este poliedro regular o platónico, deriva, sigue recordando Yturalde, de «sus propiedades definitorias del espacio» y de que «perceptivamente le atribuimos el sentido de organización, construcción y firmeza que da seguridad». «El cubo, concluye, simboliza la tierra, alude a lo material, al intelecto racionalista y a la “praxis”. Se contrapone a la dinámica de las formas impares —sin embargo, el solo hecho de variar la posición del cuadrado (o cubo),

⁶³ JIMÉNEZ, J.: «Entrevista a Yturalde». Madrid, diario *Informaciones*, 18 de febrero de 1971.

⁶⁴ En *Estructuras 1968-1972*, op. cit., págs. 22-26.

⁶⁵ GHYKA, M. C.: *Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes*. Barcelona, Poseidón, 1983, principalmente el capítulo III, págs. 59-99.

apoyándolo en un vértice, lo convierte en una estructura de carácter dinámico—, como ocurre con toda la serie dedicada a los prismas, figuras irregulares más dinámicas y complejas, menos “estéticas”, pero más definidas en su volumen»⁶⁶.

Entre las características que distinguen a sus figuras imposibles, Yturralde señala las siguientes: a) figura cerrada; b) angulosa (la estructura geométrica es sencilla); c) figura-fondo (la figura se destaca claramente del fondo); d) simetría-asimetría: pueden ser tanto asimétricas (mayor sensación de profundidad y mayor evidencia de su estructura) como simétricas (con una valoración estética más alta, pero menos evidentes desde el punto de vista de la información sensorial); e) resumen (tendencia a evidenciar y resaltar la figura, dándole el máximo relieve y articulación); f) color (colores básicamente fundamentales y pregnantes: rojo, amarillo, azul); g) textura (textura plana «impersonal», reflejo del mundo de la máquina y la seriación); h) movimiento percibido (lento movimiento horizontal, hacia afuera y hacia el espectador, en las figuras simétricas, y movimiento hacia afuera y lateralmente en las asimétricas); i) superficie táctil (dura y lisa); j) cinestésica; k) auditiva (sensación de silencio y vacío); l) ritmo (generalmente monótono, aunque interrumpido bruscamente por la percepción de imposibilidad de la imagen); m) dimensiones; n) técnica (serigrafía, litografía, madera prensada)⁶⁷.

Para la construcción de estas figuras (Fig. 5.20), Yturralde parte de la consideración de que están constituidas por unos elementos invariables (las barras que forman los «lados» de la proyección) y otros elementos variables (los «vértices» de la figura) (Fig. 5.22).

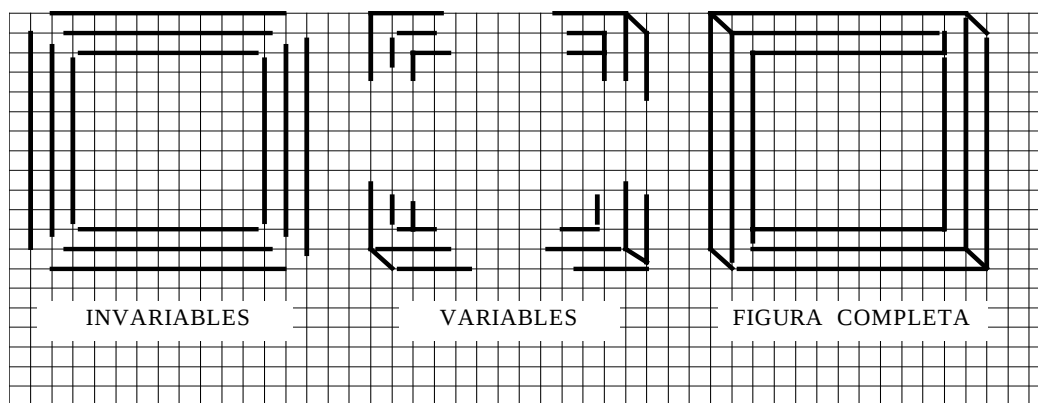


Fig. 5.22. Yturralde. Elementos variables e invariables de una figura imposible.

⁶⁶ En *Estructuras 1968-1972*, op. cit., pág. 26. Acerca de los múltiples significados simbólicos del triángulo, del cuadrado, del número tres y del número cuatro, pueden consultarse los magníficos artículos que sobre ellos aparecen en CHEVALIER, J. y GHEERBRANT, A.: *Diccionario de los símbolos*. Barcelona, Herder, 1988.

⁶⁷ YTURRALDE J. M^a: «Ejemplo de una aplicación metodológica continuando un trabajo sobre estructuras geométricas», en *Ordenadores en el arte*, op. cit., págs. 42-43.

Las particularidades constructivas de la figura que hemos tomado como ejemplo, las explica Yturalde del siguiente modo:

Sea la figura imposible un polígono formado por barras de sección normal cuadrada. Cada dos barras se unirán en un «vértice». El vértice es un cubo que representado en caballera se lleva así: [Fig. 5.23]

La intersección de dos barras en un vértice puede ser vista de cuatro maneras distintas (en este caso, las barras son perpendiculares entre sí, pero también sirve para cuando sean inclinadas; en este caso, el cubo sería un paralelepípedo inclinado) [Fig. 5.24].

El número total de cerchas, posibles e imposibles (incluyendo las simétricas), sería: $+ 4^v$ (donde v es el número de vértices).

Suponiendo que el número de vértices del polígono o cercha que queremos dibujar sea 4, llamando a dichos vértices A, B, C y D, podemos establecer un orden rotativo en el dibujo, de tal manera que primero dibujaremos A, después B, después C y después D, llegando por último a cerrar el marco en el punto de partida [Fig. 5.25].

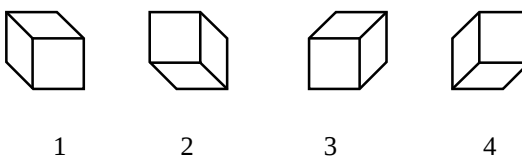


Fig. 5.23. Yturalde. Perspectiva caballera del «vértice» de una figura imposible.

En este caso, el número total de figuras (posibles e imposibles) que se podrían dibujar, es de $4^4 = 256$, entre las cuales habrá unas cuantas repetidas. Hay que buscar un sistema para que la máquina, entre las permutacio-

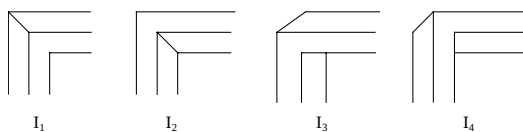


Fig. 5.24. Yturalde. Intersección de dos barras en un vértice de una figura imposible.

nes de 4 elementos con repetición (I_1, I_2, I_3, I_4) excluya las simetrías e identifique las figuras posibles de las imposibles.

La salida puede venir dada por la impresora o con el *plotter*⁶⁸.

⁶⁸ Ibídem, págs. 43-45.

Usando el ordenador IBM 7090 del Centro de Cálculo y el *plotter* de la Escuela de Arquitectura, se realizó una serie completa de figuras imposibles, que contaron con la colaboración de Isidro Ramos, analista del CCUM,

y de Guillermo Searle, estudiante de la mencionada Escuela.

García Camarero ha hecho la pertinente observación de que, en el caso de las figuras imposibles, el concurso de la computadora es de orden menor, aunque ni mucho menos despreciable, ya que «para evitar generar a mano las figuras que se van ocurriendo y comprobar si son posibles o imposibles, el ordenador ayuda a obtener de una vez todas las figuras imposibles», actuando «como un diligente artesano»

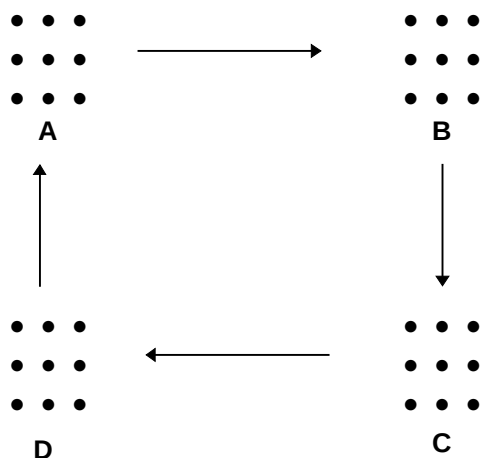


Fig. 5.25. Yturalde. Orden rotativo de los vértices en el dibujo de una figura imposible.

que efectúa en muy poco tiempo lo que de otro modo hubiera necesitado un periodo muy dilatado⁶⁹.

⁶⁹ GARCÍA CAMARERO, E.: *Seminario sulla generazione delle forme plastiche*, op. cit., pág. 45.

5.4. Tomás García Asensio.

Nacido en Huelva en 1940 y residente en Madrid desde 1959, la primera noticia de la existencia del seminario de Formas Plásticas la tuvo García Asensio en un coloquio que se celebró a propósito de una exposición compartida con Manuel Quejido en 1969 en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, organizada por el pintor Julián Gil. Invitado entonces a participar en las reuniones del seminario por F. Javier Seguí de la Riva, su incorporación fue inmediata, prolongándose hasta el verano de 1970, en que se trasladó a vivir a Puerto Rico, donde permaneció tres años⁷⁰.

Los trabajos de García Asensio en el seminario se centraron desde el principio en la investigación sobre el tratamiento automático del color, aunque sólo pudo culminar una fase, suficiente para probar su convicción de que semejante tarea era posible. Los trabajos desarrollados entonces no contemplaron «la posibilidad de considerar diversos grados de saturación y cromaticidad, es decir, de colores blanquecinos, grisáceos y ennegrecidos, pero era un problema perfectamente abordable»⁷¹. Las conclusiones preliminares de su investigación fueron publicadas en el Boletín del CCUM, en un artículo titulado «Esquema de un estudio para el tratamiento automático del color»⁷². En él trata «de sugerir la posibilidad de establecer un sistema de exploración del color bajo el punto de vista de las artes plásticas y de un modo automático, utilizándose unos criterios y unos principios adecuados al cálculo en un computador. Se aspira, además, a que este sistema facilite tanto la generación como el análisis de las obras»⁷³.

El estudio comprende dos temas claramente delimitados. El primero propone unas normas que, «con un mínimo de elementos, unos valores objetivos y unos sistemas combinatorios muy simples», permitan «abarcarse toda la casuística del color». A tal fin, García Asensio, basándose en algunas consideraciones previas de carácter general relativas al modo de percibir los colores el ojo humano⁷⁴, elaboraba una escala de valores cromáticos convencionales,

⁷⁰ GARCÍA ASENSIO, T.: *Aproximación a un intento de informatizar la plástica*, op. cit., pág. 2.

⁷¹ *Ibíd.*, pág. 9.

⁷² GARCÍA ASENSIO, T.: «Esquema de un estudio para el tratamiento automático del color», en *Boletín* n° 11, CCUM, abril 1970, págs. 3-7.

⁷³ *Ibíd.*, pág. 3.

⁷⁴ Estas consideraciones eran de dos clases: de un lado, ponían de relieve el conflicto que surge al percibir los colores el ojo humano, ya que no existe equivalencia entre frecuencia de la onda luminosa e impulso nervioso, dado que la frecuencia de la luz es de millones de ciclos por segundo y el número máximo de impulsos del nervio óptico de algo menos de mil ciclos por segundo (el espectro visible está integrado por una gama escalonada de longitudes de onda, correspondiendo a cada color unos valores comprendidos entre dos extremos: un valor mínimo para el violeta, inferior a $0'42 \mu$, y un valor máximo para el rojo, fijado en $0'80 \mu$); de otro lado, hacían referencia a los conocidos estudios del científico británico Thomas Young (Milverton, Somersetshire, 1773 - Londres, 1829), quien supuso al ojo

de modo que pudiese confeccionarse un programa para su aplicación automática en un ordenador. Teniendo en cuenta que la gama claro-oscuro de los colores tiene dos extremos, uno de máxima luminosidad que es el amarillo y otro de mínima luminosidad que es el azul, estando comprendidos entre uno y otro todos los valores imaginables, el programa contemplaba desarrollar esta gama claro-oscuro por dos vías, para que comprendiese también todos los tonos. Una de esas vías era directa del azul al amarillo a través de los verdes, y la otra vía era indirecta a través del rojo, estableciéndose así una gradación de luminosidad que tendría dos colores por lo menos para cada valor. Los colores estaban expresados por letras: R para el rojo, A para el amarillo y Z para el azul, mientras que las valoraciones eran: 9 para A, 1 para Z y 5 para R. Para dotar al sistema de mayor flexibilidad, cada color se consideraba integrado por seis elementos:

Rojo ideal	$6R = 30$
Amarillo ideal	$6A = 54$
Azul ideal	$6Z = 6$

A título de ejemplo, así es como quedaban anotados estos doce colores:

Bermellón	$5R+A = 34$
Carmín	$Z+5R = 26$
Naranja	$3R+3A = 42$
Amarillo cadmio	$5A+R = 50$
Amarillo limón	$Z+5A = 46$
Verde vegetal	$3A+3Z = 30$
Verde esmeralda	$4Z+2A = 22$
Azul turquesa	$5Z+A = 14$
Azul ultramar	$R+5Z = 10$
Malva	$2R+4Z = 14$
Violeta	$3R+3Z = 18$
Púrpura	$4R+2Z = 22$

Entre la luminosidad del color y la superficie ocupada por éste «se establecía una razón, directa o inversa», lo que unido a la fijación de «unos tamaños iniciales relativos» y al establecimiento de una de las dos vías antes señaladas, daba «como resultado unas indicaciones de formas y tamaños concretos y los colores exactos de una gama preestablecida»⁷⁵. El ejemplo adjunto no está traducido a lenguaje de máquina, pero según García Asensio «es

humano provisto de tres elementos especializados en la recepción de los colores, capaces de fundirlos y percibir así la gama correspondiente a todo el espectro. «Primero pensó, escribe García Asensio, que estos colores matrices eran el rojo, amarillo y azul. Pero como comprobaba luego que obtenía sobre una pantalla blanca el blanco por la proyección no de estos, sino de otros tres, sustituyó los primeros por los segundos, que son verde, rojo y azul, y consideró el amarillo resultado de la mezcla en el ojo del verde y del rojo. Por lo tanto nos encontramos con dos tricomías: rojo-amarillo-azul y rojo-verde-azul, que corresponden a dos tipos de mezclas». *Ibidem*, pág. 4.

⁷⁵ GARCÍA ASENSIO, T.: *Aproximación a un intento de informatizar la plástica*, op. cit., pág. 9.

susceptible de ser transformado con gran facilidad, estableciéndose un sistema operativo para relacionar tonos y valores, donde todos los colores y matices puedan ser relacionados por un sistema de tres elementos, sometidos a unas leyes programadas y que se puedan procesar automáticamente»⁷⁶.

El segundo de los temas tratados en el artículo, supuestamente destinado, aunque no se indica de modo expreso, a su procesamiento informático, analizaba los tres tipos de situaciones cromáticas de la visión humana: monocromáticas, bicromáticas y tricromáticas, las cuales originan, respectivamente, 6 situaciones intermedias (una entre cada dos de los seis colores puros, tres primarios y tres secundarios), 15 situaciones cromáticas de efecto hasta cierto punto independiente de cada uno de los que integran la pareja, y 19 casos de seis colores tomados de tres en tres y en cualquier orden entre sí, situación esta última que ya resulta demasiado compleja para un cálculo espontáneo⁷⁷.

El resultado práctico de estas investigaciones fue conocido públicamente por primera vez en las dos muestras colectivas organizadas por el CCUM en las que García Asensio participó, *Formas computables* y *Generación automática de formas plásticas*. En el catálogo de la segunda de ellas incluyó un breve texto que da cuenta precisa de la investigación llevada a cabo:

Para hacer estas obras se ha utilizado el computador como medio auxiliar que averigua la composición de los colores que intervienen en un cuadro y la extensión de las áreas de color en función de su luminosidad. Para resolver estos problemas, el computador está dotado de una memoria que contiene una teoría general de los colores, acomodada a su *mentalidad*, y una carta de 48 colores. Referido a esta memoria se ha elaborado un programa⁷⁸ particular, de tal modo que el valor de iluminación de los colores tiene repercusión en la forma y en el tamaño. Se le suministran datos que son el valor de iluminación de los colores que han de intervenir, y calcula la composición de esos colores a partir de los 48 de la carta y su extensión en el cuadro, suministrándonos una *receta* con todos los datos precisos para construir la obra. La razón de su utilidad es que se puede hacer el proyecto de una larga serie de cuadros evitando semanas de cálculos y ocupando a la máquina muy pocos minutos. En calcular cada uno de estos dos cuadros expuestos ha empleado 50 segundos, evitándonos unas 60 operaciones aritméticas en cada uno de ellos.

5.5. José Luis Gómez Perales.

Interesado desde hacía muchos años en los principios de número, orden, módulo y proporción, la investigación de José Luis Gómez Perales, nacido en Madrid en 1923, en el seminario del CCUM se orientó tanto a la siste-

⁷⁶ GARCÍA ASENSIO, T.: *Esquema de un estudio para el tratamiento automático del color*, op. cit., pág. 6.

⁷⁷ *Ibíd.*, págs. 6-7.

⁷⁸ El programador fue Martín Sánchez Marcos.

matización compositiva del cuadro como a la sistematización del color, ideas que surgen por primera vez en su trabajo hacia 1967. El resultado de su estudio aparece publicado en uno de los boletines del Centro, bajo el título «Un intento de sistematización en la creación plástica», del que ofrecemos aquí un resumen⁷⁹.

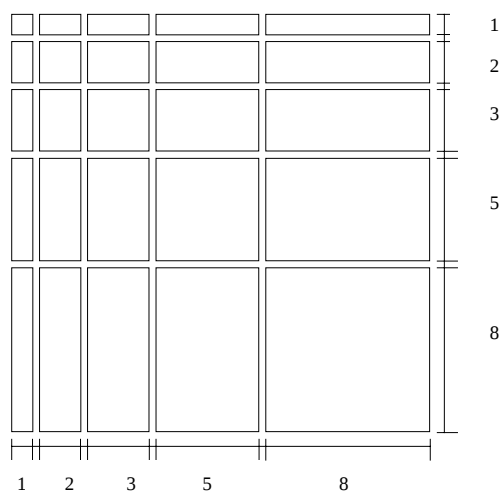


Fig. 5.26. Gómez Perales. Rectángulos a partir de los números básicos.

A partir de lo que él llama «números básicos», que no son otros que cinco términos consecutivos de la conocida sucesión de Fibonacci⁸⁰, por ejemplo el 1, 2, 3, 5, 8, y a partir de la obtención de 25 rectángulos (el número de rectángulos aumenta a medida que los números básicos seleccionados vayan también en aumento) construidos con la condición de que las longitudes de sus lados sean las determinadas por los números

básicos (Fig. 5.26), Gómez Perales procede a obtener la composición formal del cuadro.

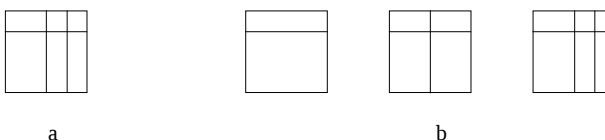


Fig. 5.27. Gómez Perales. Composición formal del cuadro.

Esta composición puede conseguirse, bien por yuxtaposición de elementos (en el ejemplo que aparece publicado en el Boletín del CCUM son 6, como se observa en la Fig. 5.27 a, aunque pueden ser todos los elementos que se quiera, siempre y cuando se ajusten a las características que han sido defini-

⁷⁹ GÓMEZ PERALES, J. L.: «Un intento de sistematización en la creación plástica», en *Boletín* núms. 8-9, CCUM, enero 1970, págs. 20-27.

⁸⁰ Leonardo Fibonacci, llamado Leonardo Pisano, fue un matemático italiano del Medievo (c. 1175 - c. 1240). Con su obra *Liber abbaci*, recopilación de las enseñanzas recogidas en sus viajes al mundo árabe, difundió en el mundo científico occidental los principios de cálculo de los árabes, introduciendo el uso corriente de las cifras arábigas. En 1220 compuso su *Practica geometricae*, que contiene los comienzos de la trigonometría, y en 1225 su *Liber quadratorum*, dedicado al emperador Federico II. Entre sus trabajos se encuentra la serie de números llamada *serie de Fibonacci*: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, ..., en la cual cada término es igual a la suma de los dos anteriores.

das para los 25 rectángulos), o bien, si se parte del formato total del cuadro, por descomposición del mismo, según vemos en la Fig. 5.27 b.

La única limitación impuesta al color es que éste sea uniforme dentro de cada elemento.

Gómez Perales, como conclusión práctica de su trabajo, nos ofrece dos supuestos, relativo el primero a la sistematización de la composición y el segundo a la sistematización del color.

En ambos casos se elige un formato total de sólo 8 x 8 (esto es, un cuadrado de 8 x 8 mm. en papel milimetrado) y 3 elementos, según él mismo dice, para no complicar mucho la cuestión. En el primer supuesto, tomando como base las mencionadas características, se descompone el cuadrado tal como aparece en la Fig. 5.28, obteniéndose finalmen-



Fig. 5.28. Gómez Perales. Sistematización de la composición.



Fig. 5.29. Gómez Perales. Sistematización del color.

te, a través de permutaciones y giros de 90°, 34 composiciones distintas.

En el segundo supuesto, donde a cada elemento se le asigna un color, se logran 27 soluciones a partir de una misma composición formal

(Fig. 5.29).

Al igual que García Asensio, José Luis Gómez Perales escribió un breve texto para el catálogo de la exposición *Generación automática de formas plásticas*, en el que sintetiza las principales características de sus composiciones desde el punto de vista de la realización, operación en la que el programador también fue Martín Sánchez Marcos.

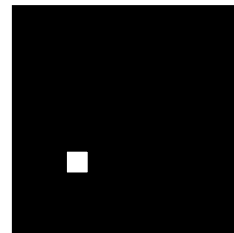


Fig. 5.30. Gómez Perales. Construcción modulada.

5.6. Eusebio Sempere.

De todos los miembros del seminario de Formas Plásticas, y durante el tiempo en que éste se mantuvo activo, Eusebio Sempere (Onil, Alicante, 1923-1985) era sin duda el artista de mayor proyección nacional. Sus opinio-

nes, expresadas en numerosas reuniones del seminario, acerca de la relación entre arte y ciencia, así como sus reservas hacia el uso de la computadora con fines artísticos, las hemos recogido en los apartados 3.5. y 4.6. de este trabajo.

La primera experiencia de Sempere en la investigación de las relaciones entre ciencia y arte se produce en 1967 con la colaboración del compositor Luis de Pablo. Gracias a la minuciosa investigación llevada a cabo por Antonio Fernández García, de la que resultó una espléndida tesis doctoral, sabemos con detalle del conocimiento entre ambos, así como de la profunda amistad que los unió y el fructífero desarrollo de la misma⁸¹. También de su amistad y colaboración con Cristóbal Halffter y Julio Campal, de la que, a propuesta de éste último, empiezan los tres a trabajar en 1967 en un proyecto de realización de una obra que debía integrar lo visual, lo musical y lo poético⁸². Sobre este proyecto, según Fernández García muy bien acogido por los tres, ya que «estaba latente ese objetivo en todos ellos», nos dice lo siguiente el citado estudioso: «La ampliación a la música estaba dada ya en los propios fundamentos del compositor [se refiere a Cristóbal Halffter], al igual que en el pintor [Sempere] por sus aficiones musicales y experiencia reciente en torno a ella. Las conversaciones sobre imagen, música y poesía fueron definiendo en que debía traducirse la aportación de cada uno y cómo armonizarlas entre sí, tomando cuerpo la idea en un volumen mixto compuesto de doce o quince módulos. Se conjugaría el sonido y la palabra con la proyección de imágenes y de textos; y también con el movimiento de los módulos y su tiempo de duración»⁸³. Por su parte, Sempere describió la obra en estos términos: «La escultura se componía de estratos de módulos que configuraban una esfera luminosa. En el eje de esa esfera se proyectaba instalar —con la colaboración de ingenieros de IBM— cámaras de cine que proyectarían grafismos poéticos de Campal. Por voluntad del espectador, pulsando un teclado cibernético, los módulos se abrían para dar paso a chorros de luz que reflejaban en distintas direcciones espejos, también modulados. La música de Halffter debía de estar sincronizada con todos los movimientos de los módulos de la esfera»⁸⁴. Cuando el proyecto estuvo claramente definido «se lo propusieron a IBM, que estaba a punto de presentar una nueva serie de ordenadores, y les pareció

⁸¹ Véase, FERNÁNDEZ GARCÍA, A.: *La obra de Eusebio Sempere desde una investigación visual de la pintura*. Madrid, Universidad Complutense, 1989.

⁸² FERNÁNDEZ GARCÍA, A.: «Fuera de formato», en CASANOVA, M. (coord.): *Eusebio Sempere. Una antología, 1953-1981*. Valencia, Instituto Valenciano de Arte Moderno, 1998, pág. 86.

⁸³ *Ibidem*. Respecto a la afición y experiencia con la música contemporánea por parte de Sempere, Fernández García señala en el mismo artículo que en este punto la amistad con Luis de Pablo jugó un papel decisivo. De un lado está el intercambio epistolar entre ambos cuando el compositor se encontraba en Berlín, entre 1967-68. De otro, la frecuencia con que Sempere siguió hacia 1967 las actividades y conciertos de Alea, esto es, el primer laboratorio en España de música electroacústica, que había sido fundado por Luis de Pablo gracias a la ayuda económica proporcionada por Juan Huarte. De aquella correspondencia por carta surgiría «el proyecto de crear una habitación-espectáculo-ambiente a la manera de Gropius», que no llegó a realizarse. Véase, TORRE, A. DE LA: «Ida y vuelta: Sempere en España», en CASANOVA, M. (coord.): *Eusebio Sempere. Una antología, 1953-1981*, op. cit., pág. 63.

⁸⁴ SEMPERE, E.: «Notas biográficas de Eusebio Sempere», en CASANOVA, M. (coord.): *Eusebio Sempere. Una antología, 1953-1981*, op. cit., pág. 288.

oportuno el que en su sede del Paseo de la Castellana, en su recepción, figurase una escultura de aquellas características. Contaron con el apoyo de un alto ejecutivo⁸⁵ muy relacionado con el mundo de la expresión artística contemporánea, y consiguieron el soporte económico». Sin embargo, «el proyecto no superó el estadio de dibujos de funcionamiento de los mecanismos modulares, esquemas de montaje y estructura, además de una maqueta de atractivo acabado. Para ello contaron con la ayuda de técnicos de IBM, como debió de ser el ingeniero Sr. Montero, autor de los diseños del móvil más difundidos»⁸⁶. La obra definitiva no realizada debía tener una altura de tres metros. La maqueta de plexiglás, de 35 cms. de altura, aparece reproducida en el catálogo de la exposición *Formas computables*, y se trata de una escultura móvil que evoca algunas de las obras más experimentales de la vanguardia constructivista, como por ejemplo la conocida pieza de Laszlo Moholy-Nagy titulada *El requisito lumínico* (*Das Lichtrequisit*, 1922-30), un extraño y bello artefacto de 70 cms. de altura, construido con una sobrecogedora pureza de líneas que, además de ser una máquina de iluminación eléctrica, integraba en un todo los cambios de luz, el movimiento giratorio y el sonido⁸⁷.

En cuanto a la colaboración con Eduardo Arrechea y Abel Martín, anterior a la creación del seminario madrileño y en la que emplearon la computadora con fines artísticos, deben hacerse algunas matizaciones. En primer lugar, como ya he adelantado en el epígrafe 4.2., se trató de una experiencia aislada y sin ningún carácter sistemático. Después de ella, Sempere, curioso y expectante ante los resultados que pudieran derivarse del uso del ordenador en el terreno artístico, se integró desde el principio en el grupo del Centro de Cálculo y, durante el primer curso, trabajó de hecho tomando como base las curvas programadas por Arrechea, pero su contacto con la computadora, además de que siempre estuvo marcado por la reserva y que no aprendió nunca lenguaje de programación, influyó muy escasamente en el desarrollo posterior de su obra. En segundo lugar, en aquella primera experiencia directa con el ordenador, la figura clave fue Arrechea, que era el analista y el programador informático. En tercer y último lugar, está la difícil tarea de fechar con exactitud ese trabajo pionero con la máquina. Los escritos del propio Sempere, muy parcos en referencias a esa colaboración, no aportan luz al respecto. García Camarero sí es más preciso, ya que dice expresamente que tuvo lugar con anterioridad a la creación del seminario de Formas Plásticas, aunque tampoco especifica la fecha⁸⁸. Por su parte, Briones la sitúa «uno o dos años antes» de

⁸⁵ En conversación telefónica mantenida con Mario Fernández Barberá el 30-IX-1998, éste me comunicó que ese «alto ejecutivo» de IBM no era otro que él mismo, confirmándose así mis sospechas.

⁸⁶ FERNÁNDEZ GARCÍA, A.: «Fuera de formato», en CASANOVA, M. (coord.): *Eusebio Sempere. Una antología, 1953-1981*, op. cit., pág. 86.

⁸⁷ La mencionada obra de Moholy-Nagy aparece muy bien reproducida en el catálogo de la exposición *Dada y constructivismo*. Madrid, Ministerio de Cultura / Centro de Arte Reina Sofía, 1989, págs. 168-169.

⁸⁸ Véase, GARCÍA CAMARERO, E.: «La pintura informática en la Universidad Complutense», en *Patrimonio artístico de la Universidad de Madrid*, op. cit., pág. 60.

1969, de nuevo imprecisa y demasiado adelantada si aceptamos lo de «dos años antes»⁸⁹. Lo más razonable es pensar que esa colaboración se produjo durante 1968, aunque no estamos en condiciones de precisar el mes. El asunto tiene una importancia relativa y, en todo caso, sólo en relación con quién fue el primer artista plástico que usó en España la computadora con fines artísticos. Los primeros gráficos de ordenador de Barbadillo no aparecieron hasta principios de 1969, pero desde abril del año anterior estaba en contacto con la máquina también con fines artísticos, y desde luego en su caso sí que existe un proyecto definido y sistemático de trabajo con el ordenador, aparte del hecho de que siempre participó muy activamente en la elaboración de los programas destinados al estudio y tratamiento informático de su obra.

Además de la producción en la que partió de las curvas matemáticas programadas por Arrechea, cuyos resultados fueron unas obras de gran belleza y sencillez formal, en las que una fina trama de líneas continuas simulaban una especie de muelle flexible suspendido ingravidamente en el espacio de la composición, el más importante de los trabajos realizados por Sempere en el CCUM fue su ya aludido *Autorretrato* (1970) (Fig. 5.31), para el que usó el programa elaborado por Florentino Briones⁹⁰ conjuntamente con el técnico programador Lorenzo Carbonell que hemos analizado al final del apartado 4.5. En un pequeño texto que ha sido después ampliamente divulgado, Sempere da cuenta de sus intenciones estéticas y del medio técnico empleado para llevarlas a cabo:

Después de los trabajos realizados durante el curso pasado [se refiere al curso 1968-69 del CCUM] tomando como base las curvas programadas de Eduardo Arrechea, producto del conocimiento de la geometría y de la compleja realización material que proporciona la computadora eléctrica, intento en esta modesta investigación profundizar más en los problemas de la plástica, como pueden ser (en uno de los aspectos) el análisis racional del claroscuro, tantas veces emprendido por pintores de siglos precedentes con auténtica validez.

El motivo de figurativismo real elegido es consciente, ¿por qué no?, pero creo que importa más la búsqueda racionalizada que la supuesta anécdota iconográfica.

Interesado desde siempre por los problemas de la luz, propongo como tema el «método de estudio para reproducir una figura por la descomposición geométrica de una retícula lineal».

⁸⁹ Véase, BRIONES MARTÍNEZ, F.: «Arte e informática», *Análisis e investigaciones culturales*, nº6, Madrid, Ministerio de Cultura, 1981, pág. 12.

⁹⁰ Casi podría decirse que el verdadero autor de esta obra fue Briones, ya que a él se debe la confección del programa para su realización. Sorprende, en este sentido, que en una sinopsis sobre la experiencia del CCUM escrita en ese mismo año de 1970, Luis Lugán mencione exclusivamente esta obra entre las realizadas en el seminario, y además la destaque de modo especial. Véase, LUGÁN, L.: «Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid», en JULIÁN, I.: *El arte cinético en España*, op. cit., págs. 303-304.

El medio propuesto por el técnico programador, Lorenzo Carbonell, empieza al tomar una línea horizontal en cuya intersección con las verticales colocamos unos puntos que van a someterse a desplazamientos con arreglo a la siguiente ley: dado un determinado punto que pertenece a una línea vertical, suponemos que todos los demás puntos de esa vertical atraerán a este punto con una fuerza que viene dada por esta fórmula:

$$F = \text{COEF } P/d^2$$

COEF = Coeficiente variable

P = Peso del punto

d = Distancia entre los dos puntos

La resultante de todas estas fuerzas produce un desplazamiento del punto sometido a esta atracción.

Efectuando esta operación para todos los puntos de la horizontal, la

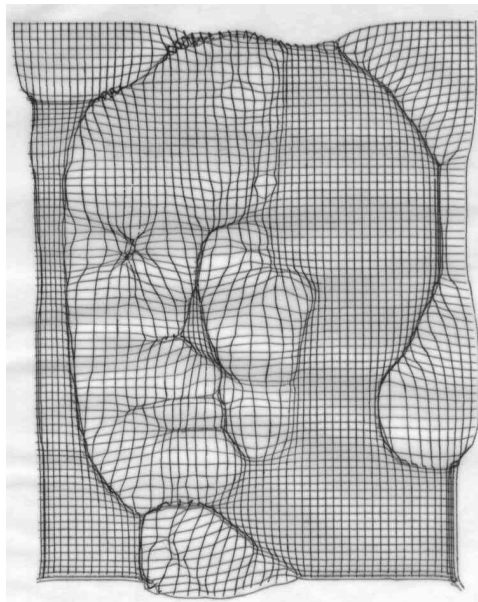


Fig. 5.31. Sempere. Autorretrato (1970).

nueva línea estará formada por los nuevos puntos desplazados. Con el trazado de todas las líneas desplazadas se genera una nueva figura que reunirá las características buscadas de luz y sombra, tomando como gradación relativa las diferencias entre 0 y 5.

Si cambiamos el término de la horizontal por la vertical, el resultado obtenido se repetirá en el otro sentido⁹¹.

La imagen resultante, pues, estaba formada por dos retículas, una de líneas horizontales y otra de líneas verticales, superpuestas y de 60 x 80 puntos, calibrándose en cada uno de ellos, como dice Sempere, la densidad de oscurecimiento desde 0 (blanco) hasta 5 (negro total)⁹².

⁹¹ Incluido en el catálogo de la exposición *Generación automática de formas plásticas*, CCUM, junio-julio de 1970.

⁹² Véase, BRIONES MARTÍNEZ, F.: «Generación automática de formas plásticas», en *Formas computadas*, op. cit. Véase, también, MASIDES, M.: «Formas computadas. La utilización de computadoras

en la generación de formas plásticas», en *Ibérica - Actualidad científica*, núm. 124, octubre 1972, págs. 439-440.

5.7. Ignacio Gómez de Liaño.

Conocido desde finales de los sesenta en los ambientes de vanguardia madrileños sobre todo como poeta experimental, el interés de Gómez de Liaño en el seminario del CCUM fue doble: de un lado, se centra en la aplicación práctica de la teoría matemática de la información; de otro, en la aplicación práctica de las gramáticas generativas transformacionales, principalmente a la arquitectura, aunque también a la pintura⁹³. Ambas aplicaciones son complementarias.

Un ejemplo referido a la arquitectura lo tenemos en el trabajo de investigación que sobre los patios platerescos españoles llevó a cabo en colaboración con Guillermo Searle⁹⁴. Aunque desgraciadamente no llegó a concluirse, puede considerarse el más importante, tanto por la envergadura, originalidad y rigor con que fue acometido, de los trabajos de investigación sobre formas artísticas de relevancia histórica que se realizaron en el CCUM con el concurso de la computadora⁹⁵. La investigación se desarrolló durante los cursos académicos 1970-71 y 1971-72. Ya se ha dicho que Gómez de Liaño se incorporó al seminario de Formas Plásticas en el curso 1969-70, periodo en el que también empezó a ejercer como profesor en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSA) de la Universidad Politécnica de Madrid. Fue él quien tuvo la primera idea en relación con el trabajo que nos ocupa, animado sin duda por la experiencia en la que estaba participando en el CCUM. Guillermo Searle, por su lado, era entonces estudiante de arquitectura y alumno de Gómez de Liaño. En realidad fue el más aventajado de los colaboradores con que contó Gómez de Liaño en su investigación, pudiéndose equiparar perfectamente ambas contribuciones, una, la de Gómez de Liaño, más teórica, y la otra, la de Searle, de un carácter más pragmático, ya que fue el responsable directo de los programas informáticos necesarios para obtener los resultados gráficos que se perseguían⁹⁶. El resto de colaboradores, alumnos todos ellos

⁹³ Así me lo expresó en la conversación que mantuvimos en Málaga el 30 de diciembre de 1996.

⁹⁴ Otro ejemplo de la colaboración de Guillermo Searle con algunos de los artistas participantes en el seminario del CCUM, puede ser la investigación que llevó a cabo con F. Álvarez Cienfuegos sobre las densidades de luz y de color en la *Maja desnuda* de Goya, similar a la comentada más adelante sobre el *Apostolado* El Greco, y que consistía en una pérdida gradual de información hasta desembocar en una forma abstracta. Véase, BRIONES, F.: «¿Puede una calculadora crear una obra de arte?», en *Obras. Revista de construcción*, n° 118, Madrid, 1973, págs. 45-46, donde se incluyen buenas reproducciones.

⁹⁵ Este trabajo no ha sido nunca publicado. El único original existente, que no lleva título pero que podríamos llamar *Investigación acerca del reconocimiento y generación automática de los patios platerescos españoles*, es hoy propiedad de Ignacio Gómez de Liaño, quien ha tenido la amabilidad de poner a mi disposición para su consulta y estudio una fidedigna copia del mismo, también perteneciente a su biblioteca particular, así como concederme dos amplias entrevistas, en septiembre de 1998, durante una de sus estancias en Málaga, en las que me proporcionó exhaustivos detalles acerca de los distintos pormenores del contenido de la investigación. Aprovecho desde aquí para reiterarle una vez más mi agradecimiento.

⁹⁶ Una vez terminados sus estudios de arquitectura, la principal dedicación profesional de Guillermo Searle ha sido la informática, disciplina en la que es un reconocido experto.

de Gómez de Liaño en la ETSA, son los siguientes: Francisco Javier García-Germán Cruz, Emilio García Guijarro, Armando García Martínez, José Andrés García Redondo, Jesús García Zorrilla, Juan Guerrero Villalba, Javier Gutiérrez Marcos, María Soledad Lencina Fernández, María Luisa Sánchez-Laulhé Alcolado, Elías José Úbeda Carnicero, Rafael Usin Gayo, Miguel Ángel Valverde Alarcón y Lorenzo Visus Escobar. Ellos serían los encargados, fundamentalmente, del laborioso trabajo de campo que se llevó a cabo en la investigación, el cual incluía la observación atenta, medición precisa, levantamiento de croquis, realización de planos y numerosas fotografías de conjunto y de detalle de cada uno de los patios platerescos estudiados. Asimismo, también se hace preceptivo señalar que aunque el espíritu y la filosofía que impulsaba la investigación se nutría de la experiencia del CCUM, no sólo se dispuso de las instalaciones y el material de este organismo, sino que se contó además con la desinteresada ayuda del Laboratorio de Cálculo Electrónico de la ETSA de la Politécnica de Madrid. En cuanto a los patios finalmente seleccionados, criterio en el que tuvo mucho que ver la cercanía física de los monumentos a Madrid (a excepción de los correspondientes a Santiago de Compostela, incluidos por la comodidad que suponía el que uno de los estudiantes colaboradores era de Galicia), eran los siguientes: patio del palacio de los duques de Medinaceli en Cogolludo (Guadalajara), patio de la Casa de la Salina (Diputación de Salamanca), patio del convento de San Pedro Mártir (Toledo), patio del Hospital de los Reyes Católicos (Santiago de Compostela), patio del Colegio Fonseca de Salamanca, patio del convento de las Dueñas de Salamanca, patio del palacio de don Antonio de Mendoza, hoy Instituto de Enseñanza Media, en Guadalajara, patio de las Escuelas Menores de Salamanca, patio de la casa del marqués del Arco de Segovia, patio del Hospital de Tavera (Toledo), patio de la Casa de las Conchas (Salamanca), patio de la Universidad de Salamanca, patio de los aljibes del convento de San Esteban (Salamanca), patio trilingüe de la Universidad de Alcalá de Henares (Madrid) y patio del Colegio Fonseca de Santiago de Compostela.

Dado que el objeto primordial del estudio era, a partir de la construcción de una estructura común a todos los patios, la creación de una detallada gramática con la que se pudieran elaborar dos programas informáticos, uno para reconocer y otro para generar diversos tipos de patios platerescos, resultaba esencial seleccionar y definir con precisión los elementos materiales arquitectónicos con los que debía construirse la mencionada gramática, basada en el modelo lingüístico de las gramáticas generativas transformacionales.

A tal fin, la investigación se inicia con dos capítulos preliminares, de carácter teórico, redactados en su totalidad por Ignacio Gómez de Liaño. El primero, que lleva por título «La lógica de la arquitectura», toma como referente teórico el célebre *Tractatus logico-philosophicus* de Wittgenstein⁹⁷, y en

⁹⁷ Esta obra capital del pensador austriaco Ludwig Wittgenstein (Viena, 1889 - Cambridge, 1951), fue terminada de escribir en alemán en 1918 y publicada originalmente en ese mismo idioma pero con otro

él se procede a un análisis lógico-matemático de los elementos materiales de la forma y del espacio arquitectónicos, análisis de carácter general que Gómez de Liaño hace extensible a todo el ámbito de la arquitectura. Las principales definiciones de este primer capítulo preliminar, estructurado de manera lógica y en el que la manera de proceder, donde una proposición sigue a la otra, nos recuerda también el método empleado por Spinoza en la *Ética*⁹⁸, corresponden a los términos «marcas», «texturas», «sintagma» y «sintaxis». Valgan los siguientes ejemplos para hacerse una idea de cómo está redactado:

El ámbito de lo arquitectónico es lo que está en el lugar [...]
El lugar está determinado por todas las texturas [...]
Las texturas organizan el espacio mediante marcas, y, por consiguiente, las texturas son combinaciones de marcas [...]
El carácter esencial de las marcas es su estar constituyendo texturas [...]
Un menhir es una suerte de marca muy simple que marca el espacio circundante [...]
Las relaciones que tiene el menhir con el espacio circundante decimos que es su textura [...]
Las marcas y las texturas no tienen más substancia que la que nosotros les atribuimos usándolas [...]
Conocer una marca significa conocer todas sus posibles apariciones en texturas, esto es, todas sus propiedades lógicas internas o formales [...]
Marcas y texturas son términos operativos [...]
Sintagma es la manera determinada que de relacionarse en el espacio tiene la textura, es decir, una determinada articulación de marcas [...]
Se llama Sintaxis General a la suma de los diferentes modos formales de producir sintagmas arquitectónicos [...]
Las marcas son signos simples [...]
Las texturas son signos complejos [...]
Los sintagmas son las reglas de composición de signos complejos [...]
La Sintaxis es la suma de las reglas de composición de texturas o signos complejos [...]

El segundo capítulo, titulado «Análisis y generación de espacios arquitectónicos», es un breve ensayo en el que se hacen consideraciones de carácter metodológico, histórico y filosófico en torno a la simbología y a la estética de la arquitectura. En él se dice ya expresamente que el trabajo emprendido se limita a señalar un método científico que puede tener algún valor en el análisis de los edificios objeto de estudio, de igual modo que su intención es trazar un modelo generativo para el patio plateresco y, por extensión, para cualquier otro espacio arquitectónico. Gómez de Liaño aprovecha este apartado para

título en 1921, no apareciendo en forma de libro y con el título por el que hoy es universalmente conocida hasta la edición inglesa de 1922. Es no sólo el texto más importante de la corriente filosófica que se conoce con el nombre de positivismo lógico, sino uno de los textos esenciales del pensamiento del siglo XX, y en él las cuestiones relacionadas con el uso lógico del lenguaje ocupan una posición clave.

⁹⁸ La *Ethica ordine geometrico demonstrata*, esto es, la «Ética demostrada según el orden geométrico», fue publicada póstumamente el mismo año de la muerte de Spinoza (1632-1677), y en ella se procede de una manera deductiva.

subrayar las distancias que separan a esta investigación de la *Estética* de Max Bense y de los trabajos de Birkhoff sobre la medida estética. Asimismo, señala que de los cinco niveles existentes en la obra artística: hilemático (repertorio material), morfológico, sintáctico, semántico y ergonómico (pragmático)⁹⁹, la investigación sólo se centra en el nivel morfosintáctico.

Una vez redactados ambos capítulos preliminares y después de ofrecer todo el trabajo de campo realizado, en el que sobresale especialmente la calidad de las fotografías en blanco y negro de los quince patios, de acuerdo con el objetivo primordial de la investigación, se emprende la construcción de la mencionada gramática, y para ello se procede en primer lugar a la clasificación provisional de los diversos componentes de cada patio, dividiéndolos en elementos terminales y elementos no-terminales. Elementos terminales son, por ejemplo, los siguientes: pilastras, balaustres, peralte, gotas, triglifos, filetes, volutas, escocias, golas. Elementos no-terminales serían, entre otros, los pedestales, columnas, basas, capiteles, frisos, cornisas, collarinos, etc. A continuación se hace un parse (esquema) para cada fachada de cada uno de los patios, combinando los elementos constructivos terminales y no-terminales, de manera acorde a como se presentan espacialmente relacionados en la construcción del edificio. Después se determinan las diversas reglas de producción y posteriormente se procede a limpiar la gramática, eliminando los posibles símbolos inaccesibles y reglas superfluas, para, en última instancia, transformarla en una gramática que cumpla la condiciones de Knuth¹⁰⁰. El presentar la gramática en esta forma obedece a que el tipo de análisis utilizado para reconocer un posible patio plateresco es precisamente un análisis *top-down*, esto es, un análisis descendente (de arriba a abajo), que exige que la gramática satisfaga las cuatro condiciones de Knuth.

Con el fin de simplificar la escritura y el tratamiento automático de cara al programa de máquinas de la computadora, se estableció una codificación para cada uno de los elementos terminales y no-terminales: basa (BA), columna (CL), collarino (CR), escalinata (EL), estría (ET), friso (FR), etc. Usando este código y empleando una serie de caracteres auxiliares (5 caracteres), el próximo paso es transcribir los parses a fichas perforadas, respetando siempre una serie de reglas.

De este modo se construye un programa que evita el tedioso trabajo de confeccionar manualmente una primera gramática general de patios platerescos. El programa ha de leer los parses de los 15 patios platerescos básicos, o bien de aquellos otros patios platerescos que, en un futuro, pudiesen ser in-

⁹⁹ Esta clasificación de los componentes fundamentales del objeto estético es bastante más completa que la que hemos recogido del mismo Gómez de Liaño en el apartado 3.4.

¹⁰⁰ Donald E. Knuth (Milwaukee, Estados Unidos, 1938), especialista en informática, ha sido profesor de matemáticas en el Instituto de Tecnología de California (1963-68) y, desde 1968, de informática en la universidad Stanford. Ha estudiado principalmente las técnicas de diseño y programación de sistemas de ordenadores y es autor, entre otras, de *El arte de la programación de computadores*. Las condiciones a que nos referimos, de índole matemática, vienen detalladas en la investigación que comentamos.

corporados a la investigación. La salida del programa será en cualquier caso un conjunto de reglas sintácticas que conforman una gramática aún no depurada. Este programa estaba hecho en lenguaje Fortran IV implementado en una computadora IBM-370. El nombre del programa era MCOMPP, esto es, metacompilador de gramáticas de patios platerescos.

El paso siguiente consistía en depurar esta primera gramática general, comprobando el cumplimiento de las cuatro condiciones de Knuth y procediendo a un análisis *top-down*. El resultado de este conjunto de operaciones era una segunda gramática. Por el mismo procedimiento se llegaba a una tercera y a una cuarta gramática.

A continuación se exponen las descripciones analíticas (denotata algebraico) de los dibujos (denotata gráfico) representantes del elemento terminal «capitel» correspondiente al patio del Instituto de Enseñanza Media de Guadalajara. Las hojas de codificación que se añaden seguidamente corresponden al denotata algebraico o expresión analítica de los capiteles del mismo patio, y llevan el membrete del Laboratorio de Cálculo Electrónico de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid. También se incluyen hojas de codificación de elementos como basas, plintos, estilóbatos y capiteles del patio trilingüe de la Universidad de Alcalá de Henares, así como hojas de codificación de estilóbatos del patio del Hospital de Tavera, en ambos casos con membrete del CCUM.

La última fase de la investigación consistía en la aplicación práctica de sendos programas informáticos para reconocer y generar gráficamente patios platerescos, fase que quedó muy incompleta. De hecho, el trabajo se interrumpe con el dibujo en papel milimetrado de un capitel del Instituto de Guadalajara. Fue realizado con un programa en lenguaje Fortran II para una calculadora electrónica IBM-1620 del Laboratorio de Cálculo de la ETSA, con salida gráfica mediante un Plotter Calcomp.

Por lo que respecta al interés de Gómez de Liaño en la aplicación práctica del ordenador para el estudio de destacados ejemplos de la actividad plástica del ser humano, en concreto en el dominio de la pintura, lo podemos comprobar en la investigación que, de nuevo con la colaboración de Guillermo Searle, llevó a cabo sobre el *Apostolado* de El Greco que se conserva en la Catedral de Toledo, y cuyos resultados fueron publicados en el Boletín del CCUM¹⁰¹. El trabajo se inició durante el curso académico 1970-71 en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid, dentro de un seminario adscrito a la cátedra de Estética, a la que pertenecía Gómez de Liaño. En él colaboraron también un grupo de estudiantes de la citada Escuela y personal del CCUM, especialmente María Pilar y Adela Arés, encargadas de la perforación de los datos. La investigación, que por mo-

¹⁰¹ GÓMEZ DE LIAÑO, I.; SEARLE, G.: «Pintura y perceptrónica. Estudio de transformaciones en pintura», en *Boletín* n° 22, CCUM, marzo 1973, págs. 73-93.

tivos académicos hubo de ser completada fuera de la Escuela, contó con valiosas sugerencias aportadas por Andrés Cristóbal Lorente, del Instituto de Informática, y por Florentino Briones. La salida gráfica del Apostolado fue expuesta durante el mes de junio de 1972 en los Encuentros de Arte de Pamplona, dentro de la muestra de *computer art* que en ellos organizó la firma IBM, así como en Bilbao, Valencia y Lisboa, en el marco de una exposición itinerante organizada por el Instituto Alemán de Madrid¹⁰².

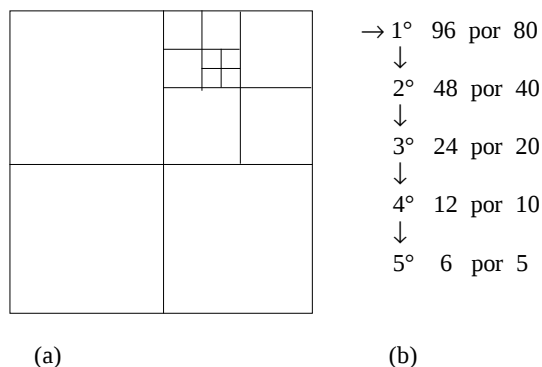
Partiendo de la concepción tecnológica y científica de la pintura que aparece en los escritos de Leonardo da Vinci y de Leon Battista Alberti, los autores de la investigación entienden aquella, desde un punto de vista técnico y con independencia de sus aspectos poéticos e inventivos, como «un acontecimiento mensurable, un orden determinado de grados de luz y de tonos de color», pretendiendo en su trabajo «simular, a escala reducida y empleando el ordenador electrónico, algunos momentos» del proceso perceptivo que es la pintura. Asimismo, reconocen que el trabajo presentado es uno de tantos otros posibles. El propósito inicial consistió en «un estudio morfo-sintáctico de la pintura, establecer un método analítico eficaz, a fin de llegar a fundamentar una gramática generativa de la pintura». El logro sería completo, nos advierten, si «con este planteamiento llegásemos a traducir matemáticamente [...] las reglas transformacionales de generación de todo cuadro». La dificultad mayor quizás estribó en conjugar o hacer corresponder la semántica de una figura (el nivel de los significados) con la sintaxis formal de esa misma figura, problema que se acentúa en determinados cuadros, por ejemplo, en el conocido lienzo de Velázquez de *La rendición de Breda*, donde la cabeza de algunos de los personajes situados en los últimos planos puede llegar a confundirse con el paisaje del fondo. El problema reside, pues, «en la definición de los elementos formales que son necesarios para que a un objeto lo *reconozcamos* como tal». Es por ello, por la existencia de este cúmulo de dificultades imprevistas, por lo que los autores de la investigación se centran exclusivamente en el aludido nivel morfo-sintáctico, que permite definir una pintura atendiendo a procedimientos topológicos y métricos. Si consideramos el análisis topológico como un método de investigación, y si consideramos el análisis métrico como un segundo método, ambos en relación con lo que Max Bense ha llamado «procedimientos macroestéticos», aún puede recurrirse a un tercer método para definir las características formales de una pintura, el llamado método estadístico «microestético», según la terminología del teórico alemán. Definir microestéticamente una pintura, por tanto, sería determinar la cantidad de información que tiene, entendiendo —según hemos visto ya al hablar de la estética de la información¹⁰³— que la cantidad de información es una medida de probabilidad: tanta más información tiene un elemento cuanto menor

¹⁰² Ibídem, pág. 81.

¹⁰³ Véase, *La comunicación y los mass media*, op. cit., pág. 274.

sea la probabilidad de aparición de ese elemento y cuanto mayor sea el conjunto de elementos del repertorio.

En base a estos presupuestos, ambos estudiosos eligen para su experimento el *Apostolado* completo del Greco que se conserva en la Catedral de Toledo, construyendo a tal fin una retícula que, en correspondencia con el funcionamiento de la retina y del ojo humano en su conjunto, hace las veces de «retina hilemática» (el término «hilema», acuñado por Gómez de Liaño, se-



A medida que avanzamos en la sucesión de fases, la neutralización de la información es cada vez mayor, hasta llegar un momento en que la imagen de una figura del Greco pierde toda la información y se asemeja a una obra abstracta, lo cual permitiría establecer una conexión entre este resultado y, pongamos por caso, una obra de Mondrian. A ello se refiere la escala (b), donde se representa esa disminución informativa, como se ha indicado, en una escala de grises de 0 a 5. La figura (a), en realidad, sería un rectángulo, ya que en la 1ª fase se ha dividido el cuadro en 96 x 80 cuadrículas; en la 2ª en 48 x 40, y así sucesivamente hasta la 5ª fase, en la que la división es la más pequeña adoptada en la experiencia.

Fig. 5.32. Ignacio Gómez de Liaño y Guillermo Searle. Red hilemática del *Apostolado* de El Greco.

ría la unidad más pequeña de información en las distintas artes; por ejemplo, en arquitectura sería una moldura, mientras que en pintura podría ser un «colorema»), proyectándose sobre ella en la pared el cuadro en cuestión, de tal modo que en cada uno de los cuadraditos de esta red se escribe un número, en una escala de 0 a 5 de intensidades de grises, desde el blanco (0) al negro completo (5). Sometiendo, asimismo, cada una de las obras a la acción de ciertas fuerzas modificadoras de la visión, lo que ellos llaman «fuerza de neutralización progresiva», se obtiene el resultado que vemos en la Fig. 5.32a. El objetivo de la experiencia, por tanto, es investigar acerca de la neutralización de la información en base a métodos matemáticos.

5.8. Soledad Sevilla.

La pintora Soledad Sevilla, nacida en Valencia en 1944, estuvo presente desde el principio en las reuniones del seminario y participó en todas las más destacadas exposiciones del periodo aquí estudiado: *Formas computables*, *Generación automática de formas plásticas*, *The computer assisted art* y *Formas computadas*.

Muchos años después de concluida la experiencia del Centro de Cálculo, ella misma ha reconocido lo enriquecedora que fue en el conjunto de su trayectoria, sobre todo por dos razones: en primer lugar, por la posibilidad de establecer un amplio debate e intercambio de opiniones con artistas mayores que ella, poseedores de un lenguaje definido y con un recorrido artístico más rico y dilatado; en segundo término, por la saludable ruptura que la investigación emprendida en el seminario suponía con todo lo que le habían enseñado en la Escuela de Bellas Artes de Barcelona, donde se licenció en 1964¹⁰⁴. Sin embargo, como también ella misma ha admitido, desde muy pronto tuvo conciencia de que el trabajo emprendido en el CCUM, desde el punto de vista de su personal creación artística, sólo le interesaba como una línea más de investigación, pero sin llegar a constituir nunca un motivo de preocupación estética lo suficientemente fuerte como para continuar por ese camino. Con todo, no deja de resultar sorprendente su opinión de que las tareas realizadas por la máquina podía hacerlas ella misma, máxime si tenemos en cuenta que precisamente lo que ofrecía el Centro de Cálculo a los artistas era la posibilidad de ahorrarse un trabajo tedioso y mecánico gracias al empleo auxiliar de la computadora, y más aún en el caso concreto de quien, como ella, trabajaba con módulos que permutaban y se combinaban entre sí:

Trabajaba con un módulo y necesitaba que alguien programase por mí, porque no sabía manejar en absoluto el ordenador. Lo que me proporcionaba la máquina era un sistema exhaustivo de las posibilidades de combinación de ese módulo consigo mismo con arreglo a unas normas que yo le daba. Por ejemplo, que el módulo y su simétrico se movieran hacia arriba, hacia abajo, hacia la izquierda y hacia la derecha, que se superpusieran; el módulo y el paralelo, el módulo y el simétrico hacia abajo...; en fin, una serie de movimientos del módulo consigo mismo y de desplazamientos

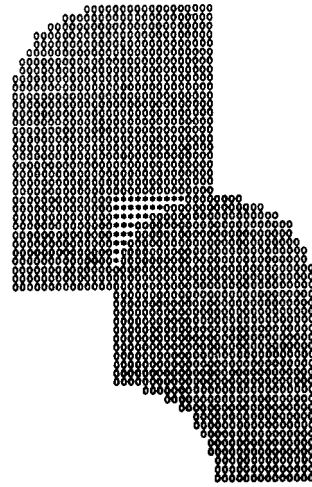


Fig. 5.33. Soledad Sevilla. *Módulo* (1971).

¹⁰⁴ Véase, POWER, K.: «Una conversación con Soledad Sevilla», en QUERALT, R. y VILLAESPESA, M. (coord.): *Memoria. Soledad Sevilla, 1975-1995*. Madrid, Ministerio de Cultura, 1995, pág. 94.

sobre un plano de superposiciones. Todas esas posibilidades de combinación y de las nuevas formas que eso generaba era lo que me daba el ordenador, pero en el fondo eso lo podía hacer yo a mano igual o casi igual, lo cual me divertía más. En definitiva, vi que aquello no era lo mío¹⁰⁵.

En otra entrevista de ese mismo año su opinión es aún más precisa respecto al descubrimiento realizado en el seminario en torno a las posibilidades de un arte geométrico:

Por otro lado fue muy interesante porque la experiencia me mostró que aquello no era mi medio: el hecho de la geometría me interesaba, pero no apoyado en la máquina, en el ordenador o en la tecnología, prefería una geometría que podríamos llamar más blanda, más emotiva, que es quizás una de las características que ha tenido siempre mi trabajo. En mi obra no hay tanto un proceso que pase por un esfuerzo intelectual previo, sino que más bien se apoya en unas emociones, incluso cuando hacía geometría¹⁰⁶.



Fig. 5.34. Obra modular de Soledad Sevilla.

Cuando se leen algunas de las declaraciones de Soledad Sevilla emitidas a principios de los setenta y se las compara con declaraciones posteriores como las que acabo de reproducir, inmediatamente aparecen diferencias tan marcadas que sólo pueden explicarse si tenemos en cuenta que en esos años iniciales de su trayectoria aún está formándose su pensamiento artístico, sometido como se encontraba a una constante riada de opiniones diversas personificadas en los miembros que asistían a las reuniones del seminario. Un factor, por ejemplo, que ella siempre ha valorado en términos muy positivos a partir de los ochenta, la intuición, se presentaba entonces como una rémora, o, al menos, como de escasa consistencia si inmediatamente no se ejercía sobre él la acción correctora del raciocinio:

A veces me encuentro tan intuitiva que me molesta. En cuanto razono el proceso de mi propia intuición es cuando me salen bien las cosas. Y en cuanto a la polémica entre «computadora, sí», «computadora, no», no creo que tenga demasiada importancia. Porque la sensibilidad actúa sobre el razonamiento y viceversa. Lo que ocurre es que la máquina ha obligado al artista a racionalizar su propio método, de tal manera que sus posibilidades de evolución dinámica, y por tanto de creación, sean mucho mayores. La máquina, lejos de matar el elemento creacional y sensible de la pintura, lo posibilita mucho más. De la misma manera que creo que la pintura no es más que un producto de investigación. Quiero pintar de una forma válida, racional, no intuitiva y bella. Por vocación y por profesión. Y con el

¹⁰⁵ *Ibíd.*

¹⁰⁶ OLMO, S. B.: «Geometría poética. Entrevista con Soledad Sevilla», en *Lápiz*, núm. 112, Madrid, mayo 1995, págs. 27-28.

concurso de la computadora puedo conocer mi propio proceso creacional, resuelto en imágenes y áreas estéticas. Los elementos los doy yo, claro está¹⁰⁷.

Al margen de los significativos cambios de opinión acerca de las expectativas que el ordenador despertaba en su trabajo, la obra de Soledad Sevilla durante el tiempo de su permanencia en el seminario, caracterizada por el análisis y desarrollo de estructuras geométricas sobre un plano¹⁰⁸, está claramente influenciada por la de Barbadillo¹⁰⁹ y, a este respecto, no se comprende muy bien la interpretación de Briones en el sentido de que lo que diferencia una de otra es que la pintura modular de la autora valenciana no se basa en ninguna ley de continuidad, sino en leyes rítmicas¹¹⁰, ya que, a mi juicio, uno de los fundamentos primordiales de la pintura de Barbadillo es el ritmo de los módulos entre sí y de estos respecto a los macromódulos resultantes. Sí lleva razón Briones, en cambio, cuando afirma, en correspondencia con lo expresado por la pintora, que la investigación de ésta partía de un módulo único que, por superposición consigo mismo, produce toda una serie de unidades de segundo orden con las que construye sus cuadros. Las tentativas más características, según puede apreciarse en los ejemplos reproducidos en los catálogos de las exposiciones *The computer assisted art* y *Formas computadas*, consistían en la «creación de un espacio pictórico de 6 x 6 unidades iguales de segundo orden en el que sucesivamente se van sustituyendo filas, columnas y diagonales por otras construidas a base de una unidad diferente»¹¹¹.

En la exposición *Generación automática de formas plásticas*, Soledad Sevilla mostró obras en la línea de la reproducida en la Fig. 5.33, realizadas con los programadores Isidro Ramos Salavert y R. Ramírez. Para el catálogo, la pintora escribió, en colaboración con José Miguel de la Prada Poole, un texto que da cumplida cuenta del carácter de sus investigaciones con el ordenador:

Este trabajo tiene como finalidad la investigación de la estructura del ritmo no secuencial en el tiempo, o sea de aquel objeto rítmico estático. Los presupuestos o hipótesis sobre los que se pretende actuar son:

- 1º.— La carga estática en *nivel T* (observación total del objeto) es independiente de la forma de la unidad de repetición, aunque ésta sea lo suficientemente grande.

¹⁰⁷ SORIA, J. M.: «El 'computer art' ha llegado. Soledad Sevilla, con el concurso de una computadora electrónica, expone sus obras», en *Tele/eXpres*, 3 de octubre de 1970, pág. 6.

¹⁰⁸ SEVILLA, S.: «Tramas y variaciones. Memoria 1979-80», en el catálogo de la exposición de la pintora celebrada en la galería madrileña Kreisler 2, mayo-junio de 1981.

¹⁰⁹ Véase el texto de presentación que Juan Antonio Aguirre escribió para el catálogo de la exposición individual de Soledad Sevilla en las salas de la Biblioteca Nacional de Madrid, en octubre de 1978. Este mismo catálogo incluye también textos muy interesantes, que resumen la trayectoria de la autora durante el decenio de los setenta, de Elena Asins, Ignacio Gómez de Liaño, José María Iglesias, Luis Lugaín, Juan Navarro Baldeweg y José Miguel de la Prada Poole.

¹¹⁰ BRIONES, F.: «Generación automática de formas plásticas», en *Formas computadas*, op. cit.

¹¹¹ *Ibidem*.

- 2°.— El *objeto rítmico* da lugar a «configuraciones» gestálticas, esto es, hay asociación global de elementos rítmicos idénticos, por lo que existe dependencia de las formas envolventes de los mismos.
- 3°.— Dependencia posicional. El ritmo sufre una transformación estructural si cambia su posición de referencia frente al observador.

El trabajo, que está en su primera fase, ha consistido hasta ahora en los siguientes puntos:

- 1°.— Definición de una unidad simple *no simétrica* y rectangular de múltiples posibilidades de acoplación consigo misma.
- 2°.— Definición de las unidades derivadas determinadas por los cambios de posición. Definición que efectúa el ordenador mediante giros y simetrías.
- 3°.— Definición de las unidades complejas determinadas por las diversas superposiciones posibles entre las unidades simples y derivadas, obtenidas por el ordenador manteniendo una de las unidades fijas y barriendo sucesivamente la superficie ocupada por ella y su perímetro, consigo misma y con cada una de las restantes unidades.
- 4°.— Denominación y clasificación de la *forma base* con una letra seguida de un subíndice correspondiente al *residuo formal*.

5.9. Manuel Quejido.

Por su parte, el pintor Manuel Quejido, nacido en Sevilla en 1946, se incorporó a las sesiones del seminario en el curso 1969-1970, si bien participó en la exposición *Formas computables* con la que se clausuró el curso académico precedente. Asimismo, al igual que Soledad Sevilla, estuvo incluido en

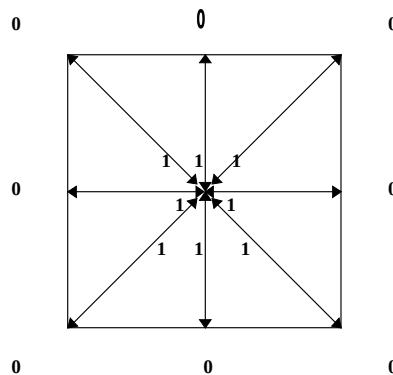


Fig. 5.35. Manuel Quejido. Cuadrícula.

todas las exposiciones organizadas por el Centro de Cálculo. La propuesta en la que trabajó durante el tiempo que estuvo vinculado al seminario, a diferencia de lo que ocurre con otros participantes, sí estuvo en parte directamente relacionada con las necesidades específicas del desarrollo evolutivo de su producción plástica en ese periodo, por lo que su contacto con la máquina fue algo más que puramente aleatorio o circunstancial.

Esta propuesta, que se encuentra expuesta de manera pormenorizada en los números 10 y 11 del Boletín del Centro, se plantea como principal objetivo una serie de transformaciones de formas geométricas en un espacio plano. A partir de un planteamiento modular, Quejido hace desplazar sus formas sobre tramas bien definidas siguiendo reglas sistemáticas para formar secuencias con una evidente intención cinética. La idea de partida es «la construcción de un sistema regulado, cerrado y homogéneo que genera el campo completo de obras posibles, lo cual permite un control a priori de las relaciones entre secuencias»¹¹². Las iniciales estructuras geométricas triangulares, cuadradas y hexagonales son finalmente reducidas a sólo las cuadradas. El propósito que le anima es resumido por el artista de este modo:

Mi intención al determinarme por una cuadrícula, no era componer formas-colores inscritas en ella, sino el establecer un armazón que sería la trama de direcciones por donde formas geométricas situadas bajo un orden se desplazarían simultáneamente para crear un complejo óptico-cinético, por lo cual los ejes de simetría de los cuadrados me proporcionaban una trama más significativa y rica de circulación que la propia cuadrícula en que la situaba; fijado esto, tomé una unidad de espacio a la que correspondería una forma desplazable por el eje correspondiente en un sentido u otro hasta el límite de lo posible por el enmarque¹¹³.

Y continúa:

Determiné 8 unidades para cada cuadrado, formando dos tipos: perpendiculares y diagonales, que son los ejes de simetría divididos por el centro, funcionando totalmente independientes unos de otros en su movimiento, pudiendo ser éste en dos sentidos, o hacia fuera del cuadrado o hacia el centro de éste, sustituyendo cada forma por una flecha que indica la dirección elegida [Fig. 5.35]¹¹⁴.

¹¹² QUEJIDO, M.: «El problema del movimiento enfocado desde la nueva plástica», en *Boletín* n° 10, CCUM, febrero 1970, pág. 3. El mismo artículo, con ligeras modificaciones y bajo el epígrafe de «Generation d'un champ de structures concrète-cinétiques planes», fue publicado en *L'ordinateur et la créativité*, op. cit., págs. 105-115.

¹¹³ *Ibídem*, pág. 4.

¹¹⁴ *Ibídem*.

4.4 I_1 m_1

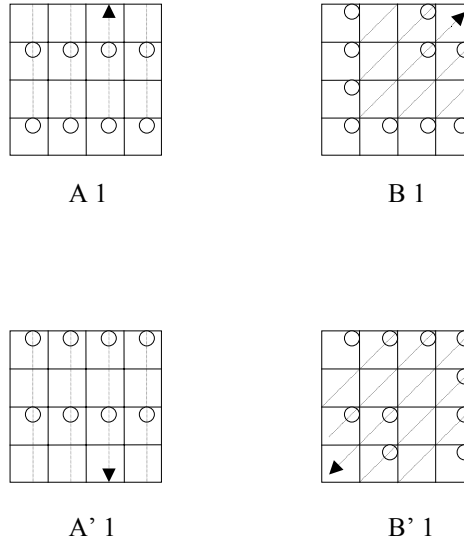


Fig. 5.36. Manuel Quejido. *Momentos sucesivos de dos formas sobre dos ejes.*

En m_2 , la forma que en m_1 se encontraba en la posición I, se ha desplazado un espacio hacia la derecha, dejando un “espacio vacío” a su izquierda, mientras que la otra forma que en m_1 ocupaba la posición II, ha realizado similar desplazamiento en m_2 . Lo mismo les ha ocurrido a las posiciones 1 y 2 de m_2 respecto a las que ocupaban en m_1 , aunque en este caso el desplazamiento ha sido hacia arriba, siguiendo el eje diagonal. En m_3 , las formas 2 y II no se mueven porque ya habían llegado al límite de su posibilidad en m_2 .

4.4 I_1

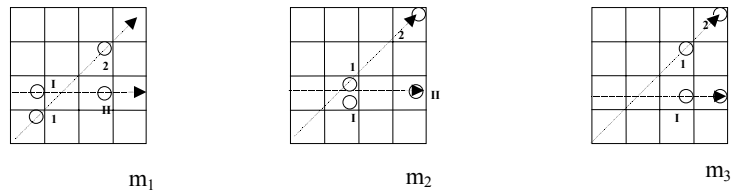


Fig. 5.37. Manuel Quejido. *Momentos sucesivos de dos formas sobre dos ejes.*

Después de precisar el concepto de «espacios vacíos» (este concepto proviene de que se determinan unas distancias entre las formas por los respectivos ejes, tomando como unidad el dejar un espacio vacío en igual situación que la forma ocupa; si el número de espacios vacíos es de uno, lo denominamos I_1) y el concepto de «momento» (nombre que recibe cada inscripción general de las formas en la cuadrícula) (Fig. 5.37), Quejido define lo que él llama «secuencia corta» (SECUENCIA-C: los montajes gráficos de los sucesivos «momentos») y «secuencia larga» (SECUENCIA-L: la que se obtiene mediante intercalaciones de imágenes entre los «momen-

tos» para conseguir una facilidad de lectura del movimiento por comparaciones).

Además, para aprovechar al máximo el espacio circulable, Quejido construye dos componentes básicos, uno en ángulos rectos paralelos (componente A) y otro por perpendiculares a los lados (componente B). El componente A genera, por giros de 90° , otros cuatro componentes: A_1 , A_2 , A_3 y A_4 ; el componente B, también por giros de 90° , genera cuatro componentes más: B_1 , B_2 , B_3 y B_4 . Estos componentes son los de direcciones hacia fuera del cuadrado; la posibilidad opuesta es: A' , que genera A'_1 , A'_2 , A'_3 y A'_4 , mientras que B' , a su vez, produce B'_1 , B'_2 , B'_3 y B'_4 .

La Fig. 5.36 ilustra lo que acabamos de decir. En ella, 4.4 significa que la cuadrícula es de 4×4 ; I_1 , que el número de espacios vacíos es de uno (nótese que entre una forma y otra, esto es, entre uno y otro circulito hay siempre un espacio vacío); m_1 , por último, que el momento representado es el primero.

El número de estructuras posibles para cada tamaño de cuadrícula (recuérdese que aquí sólo hemos considerado el ejemplo de 4×4 , si bien puede ser mucho mayor) es de 256, es decir, 128 estructuras y sus contrarias.

Una vez que se definieron los componentes para una cuadrícula genérica, mediante el álgebra de Boole se confeccionó un programa Fortran (elaborado por Martín Sánchez Marcos y Guillermo Searle) en el CCUM a fin de generar todas las SECUENCIAS-C.

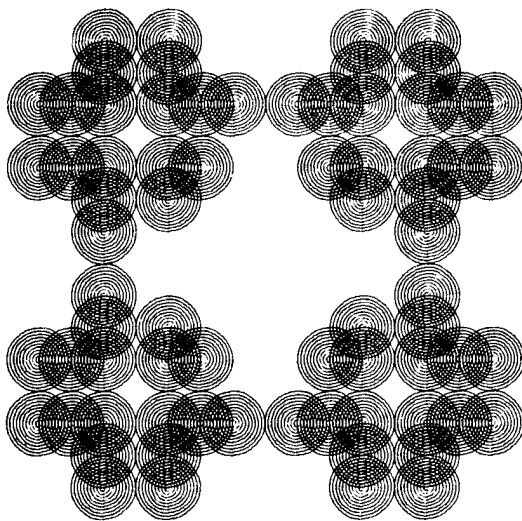


Fig. 5.38. Manuel Quejido. Obra expuesta en *The computer assisted art* (1971).

La segunda petición específica de Quejido al Centro fue la de generar algunos ejemplos fílmicos, también mediante la ayuda de la computadora.

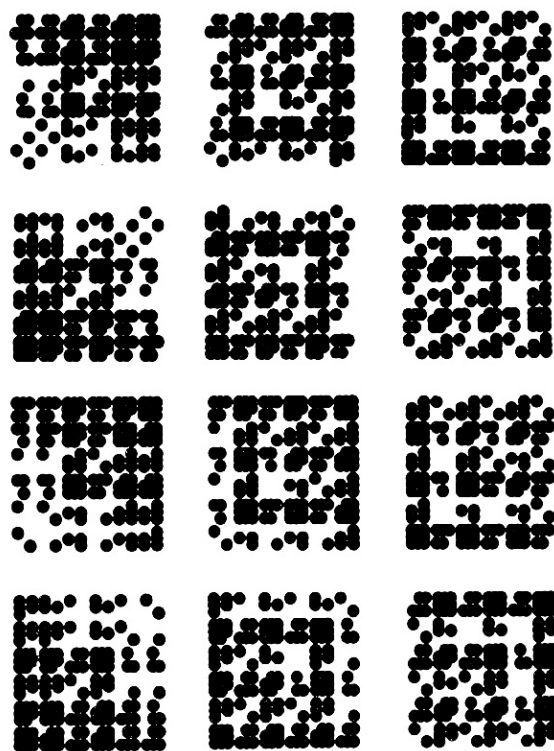


Fig. 5.39. Manuel Quejido. Fragmento de una obra de 1970. A partir de módulos de forma circular que se desplazan sobre una retícula de trayectorias, la obra se construye mediante una secuencia de instantáneas de dicho movimiento.

5.10. Gerardo Delgado.

En cuanto a Gerardo Delgado, nacido en Olivares, provincia de Sevilla, en 1942 y titulado por la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la misma ciudad en 1967, se incorporó a las reuniones del seminario en el curso 1968-69 y participó en las principales exposiciones organizadas por el CCUM menos en la primera, *Formas computables*. Sus intervenciones en las sesiones de trabajo, como ya se ha comentado, se caracterizaron por un ardiente entusiasmo en las posibilidades de las nuevas tecnologías. Su obra cambió rápidamente, una vez concluida su participación en el seminario a principios de los setenta, hacia posiciones figurativas e incluso literarias, según él mismo ha declarado, por cansancio de la objetividad formal practicada en ese periodo¹¹⁵. Algo de este giro radical puede entreverse ya en un artículo publicado en colaboración con otros arquitectos en esos años de exaltación objetivista, en realidad una reseña sobre un libro del arquitecto estadounidense Robert

Venturi, donde marca distancias respecto al minimalismo miesiano. En diversas entrevistas y escritos posteriores, el propio Delgado ha proporcionado algunas pistas sobre su actitud «contradictoria» y ambivalente de esos años:

Yo me eduqué con el minimalismo. El «menos es más» de Mies van der Rohe era un dogma, sobre todo para los que buscaban recetas, para los que

creían que con desnudar bastaba. En el 70 o 71, en las páginas de *El Correo de las Artes*, escribimos un pequeño artículo sobre el libro de Robert Venturi *Aprendiendo de todas las cosas*. Nunca me creí su «menos es aburrido», aunque sí me hizo ver los abusos cometidos con el eslogan miesiano. Lo que sí encontré en Venturi fue la necesidad de aprender, de aprender de todas las cosas; sigo en esa postura¹¹⁶.

La obra realizada por Gerardo Delgado en el Centro de Cálculo también presentaba una fuerte dependencia modular. Concebida por el autor como un tipo de obra abierta, de intenso sentido didáctico y en permanente rela-

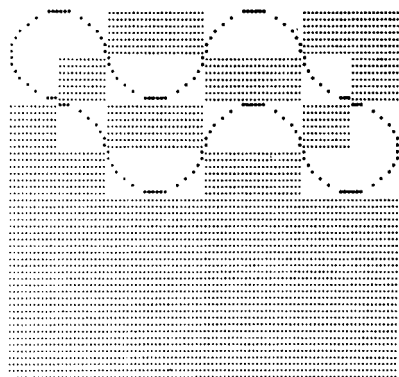


Fig. 5.40. Gerardo Delgado. Figura obtenida con ordenador (1970-71).

¹¹⁵ Véase YÑIGUEZ, J.A.: «Entrevista con Gerardo Delgado», en TOVAR, I. (coord.): *Gerardo Delgado. Biografía*. Sevilla, Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, 1993, págs. 76-79. Este último libro, publicado con motivo de la retrospectiva organizada por la Junta de Andalucía que pudo contemplarse en Sevilla y Málaga entre 1993 y 1994, reúne todos los escritos publicados por Gerardo Delgado hasta la fecha, dispersos hasta ese momento en diversos catálogos y revistas.

ción con el espectador, hasta el punto de que éste pueda manipular, según determinados criterios selectivos de forma y color, la estructura y otros elementos adicionales, en rigor Delgado la somete a un estricto control de su estructura inicial, a fin de evitar que la consentida manipulación pudiera distorsionarla o convertirla en algo confuso y desordenado. Una vez más, por tanto, estamos ante una actitud artística, si no contradictoria, sí al menos insegura¹¹⁷.

En 1970, en la exposición *Generación automática de formas plásticas*, Delgado mostró unas primeras realizaciones obtenidas con la ayuda del ordenador¹¹⁸ cuyo punto de partida lo constituían «dieciséis cuadrantes que forman cuatro circunferencias tangentes e inscritas en un cuadrado» y que «se transforman siguiendo leyes en diferentes curvas continuas con posibilidad de superposición y adición»¹¹⁹.

Estos primeros trabajos de iniciación, de objetivos formales todavía inciertos y materializados en una obra gráfica y plana, usando sólo la superposición, son ampliados posteriormente por Delgado, en parte, según él explica, porque al haberse centrado hasta entonces «en la creación de estructuras manejables por el espectador, me di cuenta que el campo de posibilidades por mí planteado era rebasado por la utilización arbitraria de dichas estructuras. Se obtenían formas no previstas, ambiguas, que no obedecían o no dejaban ver sus leyes internas»¹²⁰. Sin renunciar al juego de relaciones entre la obra y el espectador y con el propósito de corregir estas limitaciones, Delgado profundiza en el concepto de obra abierta, llegando finalmente a la conclusión de que no sólo era necesario ampliar el campo previsto, sino también precisar con mayor exactitud las distintas situaciones potenciales de la obra, a fin de que el espectador pueda localizar «como “distintas” cada una de ellas, con sus cualidades propias». Reconoce, sin embargo, que «esta precisión» es «contraria a la ambigüedad e indeterminación con que generalmente se cualifica la obra abierta», no obstante lo cual trata de definirla con la ayuda del ordenador. La obra desarrollada en esta nueva etapa, de la que ofrecemos un ejemplo en la Fig. 5.40, va a ser exhibida, entre otras, en la muestra *The computer assisted art*, en cuyo catálogo escribe el artista:

La primera fase consistió en la ampliación del campo de posibilidades: pasé de la fijación de una estructura que daba origen a una familia de

¹¹⁶ DELGADO, G.: «Una carta y tres notas como respuesta a mi pregunta de por qué pinté estos cuadros», en TOVAR, I. (coord.): *Gerardo Delgado. Biografía*, op. cit., pág. 84. Véanse también, en el mismo volumen, las entrevistas a Gerardo Delgado realizadas por Sebastián Olivares (pseudónimo del artista) y Kevin Power, págs. 61-67 y 80-83 respectivamente.

¹¹⁷ En la entrevista de Sebastián Olivares citada en la nota anterior, dice, nada más comenzar, Gerardo Delgado: «He sido siempre una persona inestable, contradictoria, vital y profesionalmente. No he poseído nunca seguridad de lo que quería, nunca he estado en un sitio fijo. Por encima de ser pintor, me interesaba, sobre todo, el territorio artístico, la posibilidad de especulación artística que me permitía ir de un lado a otro».

¹¹⁸ El programador fue M. Sánchez García.

¹¹⁹ Reproducido del texto que Gerardo Delgado escribió para la referida exposición.

¹²⁰ Del texto escrito por Gerardo Delgado para el catálogo de la exposición *The computer assisted art*.

composiciones, a una familia de estructuras que obedeciendo a unas mismas leyes internas, son base, cada una de ellas, de otras tantas familias con características propias. Esto lo realicé en un primer programa en el que tomé como elementos básicos 16 cuadrantes distribuidos en una cuadrícula de 8 x 8 que formaban curvas con leyes precisas de continuidad e inflexión. Tomando estas curvas como perfiles de módulos en positivo-negativo creé obras planas que permiten un gran control y dan como resultado situaciones de gran claridad.

Manteniendo las mismas leyes básicas, la sustitución de los cuadrantes por las diagonales de los módulos que los contienen dan lugar a nuevas obras fácilmente comparables con las anteriores. Un análisis comparativo de cómo se perciben las distintas obras dará como resultado el estudio del grado de complejidad de las formas constituidas por elementos básicos diferentes, ya que los demás elementos (color, composición, estructura...) permanecen fijos¹²¹.

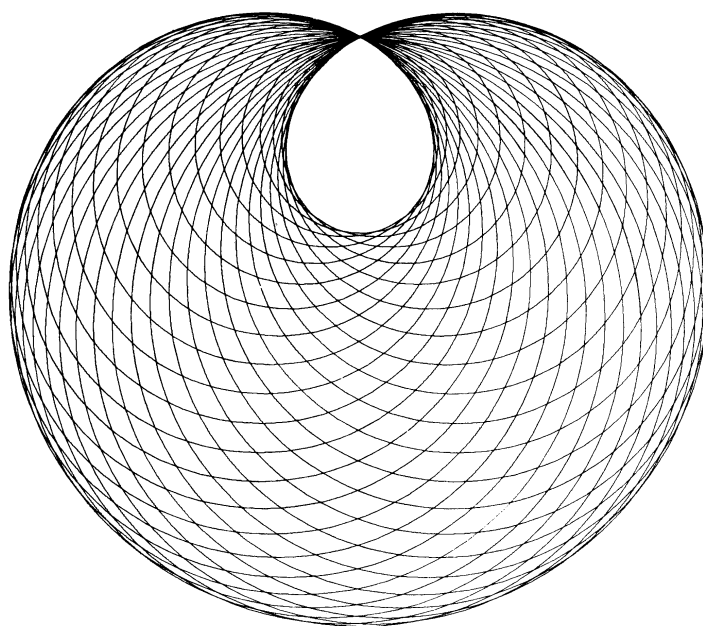


Fig. 5.41. Abel Martín. *Composición*.

5.11. Ana Buenaventura y Javier Seguí de la Riva.

Tanto Ana Buenaventura como Javier Seguí de la Riva (Madrid, 1940), de cuyo trabajo se ofrece un ejemplo en la Fig. 4.17 de la pág. 129, comen-

¹²¹ *Ibíd.*

zaron su investigación traduciendo diseños arquitectónicos directamente de formas lisas con una naturaleza circular muy simple. Una vez aceptada la estructura encontrada en una determinada composición arquitectónica, sustituyeron las superficies correspondientes a los límites por círculos asociados a los nodos de la estructura básica, manteniendo así la tensión arquitectónica. Según ellos mismos han relatado¹²², el siguiente paso consistió en hallar el modo de generación inverso. A partir de una matriz circular arbitraria, eliminaron elementos al azar hasta conseguir composiciones con un contenido tensional satisfactorio. El trabajo se desarrolló con la ayuda de una computadora dotada de un programa capaz de efectuar esta eliminación aleatoria. El programa también incluía un selector que hacía las veces de filtro de las composiciones. El objetivo perseguido era «la definición de reglas básicas para una norma estética lingüísticamente simplificada»¹²³. Una nueva fase en la producción de ambos apareció a partir del conocimiento que tuvieron de unos dibujos realizados por estudiantes de matemáticas que pretendían «reproducir con la calculadora el crecimiento de una colonia de microorganismos». El esquematismo de estos dibujos les pareció idóneo para ser usado en sus investigaciones, surgiendo de ahí una colaboración a partir de la cual crearon un programa con el que trabajaron en 1973¹²⁴.

¹²² Véase el texto que escribieron para el catálogo de la muestra *The computer assisted art*, op. cit.

¹²³ *Ibíd.*

¹²⁴ Véase, BRIONES, F.: «¿Puede una calculadora crear una obra de arte?», en *Obras. Revista de construcción*, op. cit., pág. 45.

5.12. Abel Martín.

Abel Martín, de cuyo trabajo se muestra un ejemplo en la Fig. 5.41, se caracterizó por la utilización de curvas matemáticas dibujadas por la computadora como elementos de composición para su posterior uso en trabajos con la técnica de la serigrafía. Usando como base de su investigación la generación de formas plásticas a partir de familias de curvas matemáticas, Abel Martín escoge una de las posibles opciones seleccionando una de las programadas por Eduardo Arrechea. Sobreponiéndolas de manera invertida o bien utilizándolas en gradaciones de colores puros, Abel Martín, al igual que Eusebio Sempere, conseguía unos resultados cuyo aspecto general ofrecía evidentes puntos de conexión con el arte óptico-cinético¹²⁵.

5.13. Enrique Salamanca.

Por su lado, Enrique Salamanca (Cádiz, 1943), comienza a trabajar con la computadora hacia 1970, impulsado por el «alto grado de complejidad» al que había llegado su «lenguaje plástico bidimensional», constituido por diversos elementos: color, forma, textura, dimensión, etc. Su investigación en el seminario, que ha sido muy bien sintetizada por la historiadora Inmaculada Julián en su conocido ensayo sobre el arte cinético en España¹²⁶,

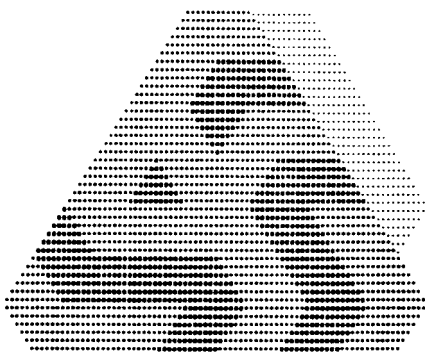


Fig. 5.42. Enrique Salamanca. *Composición*.

consistió fundamentalmente en la elaboración de «un programa básico [susceptible] de ser manipulable con la ayuda de ordenadores. Intento representar figuras que, con las unidades básicas idea-efecto, profundicen en los fenómenos perceptivos; crear imágenes racionales de un alto “nivel artístico”. Que el espectador sienta, además, sensaciones de espacio, luz y tiempo. Crear efectos psicológicos estéticos, y la múltiple posibilidad de lectura de imágenes»¹²⁷. El técnico programador fue Ramón Eleta y el lenguaje utilizado Fortran IV. Según explica en el texto que escribió para el catálogo de la exposición *The computer assisted art*, eligió como figura base para su investigación la super-

¹²⁵ Véase el texto que Abel Martín escribió para el catálogo de la muestra *The computer assisted art*.

¹²⁶ Véase, JULIÁN, I.: *El arte cinético en España*, op. cit., págs. 192-197.

¹²⁷ SALAMANCA, E.: *La génesis de la imaginación creadora...* Texto publicado en el catálogo de la exposición individual del autor en las salas de la Dirección General de Bellas Artes. Madrid, 1971.

ficie llamada *cinta de Möbius*, que le ofrecía una amplia gama de posibilidades¹²⁸. Una vez la cinta era proyectada encima de un plano con el fin de fijar una trayectoria en él, se deslizan figuras geométricas compuestas de triángulos equiláteros a lo largo de su superficie. «El resultado de esta combinación —dice Salamanca— de la cinta base y las vueltas simuladas es la apariencia inmediata de una pseudodimensión aún más poderosa y dotada de una fuerza extraordinaria cuando se contempla la representación espacial definitiva de la forma resultante. Es entonces que la intensidad de la perspectiva destaca grandemente». Asimismo, es de destacar «la gran capacidad productiva de las diferentes combinaciones que producen otras aún más complicadas con su misma entidad y estructura y cuya forma es sólo una parte del todo final» (Fig. 5.42).

5.14. Elena Asins.

En cuanto a Elena Asins (Madrid, 1940), ya he mencionado el hecho de que participó poco en las reuniones y que no llegó a realizar ninguna obra con ayuda del ordenador durante el tiempo en que se mantuvo activo el seminario. No obstante, ella siempre ha reconocido la importancia que en su formación autodidacta tuvo la experiencia del Centro de Cálculo, pues a través de ella, por vez primera en su vida, tomó conciencia de las bases matemáticas del arte, de la relevancia que poseen la idea y el proceso de gestación en el producto estético final y de las posibilidades que se le abrían al arte con el empleo de otros medios distintos a los tradicionales. Estos descubrimientos vendrían a reforzarse con la enseñanza recibida de Max Bense, a principios de los setenta, en la Universidad de Stuttgart, cuando el padre de la estética teórico-informacional la inicia en el estudio de la semiótica y de la gramática generativa, y sobre todo con la investigación desarrollada en los Estados Unidos, en cuya Universidad de Columbia, a principios de los ochenta, Elena Asins realizó sus primeras obras con la ayuda directa del computador. Desde entonces, el uso de la calculadora electrónica, entendida como herramienta de trabajo y no como un fin en sí mismo, ha acompañado todo su trabajo artístico, siempre vinculado a la abstracción geométrica y al ámbito de la composición pura.

¹²⁸ Acerca de este versátil y enigmático objeto llamado así por haber sido creado por el matemático y astrónomo alemán Augustus Ferdinand Möbius (1790-1868), escribía lo siguiente, en un cuaderno de trabajo que permanece inédito, el polifacético artista dominicano, afincado durante mucho tiempo en Málaga, Frank Rebajes (Puerto Plata, República Dominicana, 1907-Nueva York, 1992): «En un artículo, Möbius describía su superficie de papel como una tira que tiene un solo lado. Esta tira de un lado, difícil de imaginar pero fácil de construir, tiene toda clase de propiedades inesperadas. La cinta de Möbius se hace fácilmente con una tira de papel corriente: primero se le da media vuelta y después se unen los extremos para obtener un anillo cerrado».

Conclusiones

El seminario de Generación Automática de Formas Plásticas que se constituyó en el Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid en diciembre de 1968, fue casi con toda probabilidad el primero de los grupos multidisciplinarios que se crearon en el mundo orientados hacia la investigación del empleo de la computadora en el campo de las artes plásticas y con el expreso propósito de estudiar el componente cibernético del arte con computador. Los integrantes del grupo Experiments on Art and Technology, activo en los Estados Unidos desde 1966, imprimieron un cierto carácter interdisciplinar a sus reuniones y organizaron una exposición tan destacada como la de enero de 1969 en el Museo Brooklyn de Nueva York, pero no llegaron, que yo sepa, a realizar ninguna obra con el concurso del ordenador. Por su parte, el Computer Technique Group, constituido en Tokio en 1967, sólo estaba integrado por ingenieros, no existiendo entre sus miembros ningún artista plástico. En cuanto a los grupos europeos, el seminario madrileño se creó antes de que lo hicieran los grupos de Zagreb y de París, que fueron los siguientes.

Todavía podría retrotraerse aquella fecha, que en realidad representa la de la creación oficial del grupo, hasta abril de 1968, pues no sólo algunos de sus principales componentes empezaron a desarrollar entonces una investiga-

ción multidisciplinar, fundamental para la posterior toma de decisión de crear un seminario que profundizase en ella, sino que en gran parte se sentaron también entonces algunas de las bases principales de actuación por las que iba a discurrir el seminario a partir de diciembre. Esta observación no me parece irrelevante, sobre todo si se tiene en cuenta que la emblemática muestra londinense que consagró internacionalmente la tendencia, *Cybernetic Serendipity*, comenzó el 2 de agosto de 1968, esto es, varios meses después de que los responsables del CCUM se interesasen por las posibilidades artísticas del uso de la computadora, lo cual viene a corroborar que esa actitud no debe entenderse como un oportunista acercamiento a una de las corrientes estéticas más destacadas de finales de los sesenta.

La creación del seminario se vio precedida, además, de una serie de felices y azarosas circunstancias, sin las que resultaría hoy muy difícil hablar de aquella experiencia. En primer lugar, la predisposición de los responsables del Centro, especialmente Mario Barberá y Ernesto García Camarero, a permitir un uso innovador y nada convencional de los ordenadores, abriéndolos al ámbito de la creación artística. En segundo lugar, la amistad de Barberá con Alexanco y de éste con Barbadillo, gracias a la cual pudo este último saber de las ofertas concretas del Centro. En tercer lugar, el estado preciso en que se encontraba la evolución estilística de Barbadillo, inmejorablemente adecuado para que su obra fuese investigada con la potente ayuda de la calculadora electrónica. En cuarto lugar, que estas expectativas no se viesan defraudadas, sino acrecentadas después de la primavera de 1968, tanto por parte de los responsables del Centro respecto de la obra de Barbadillo, como por parte de éste respecto de las posibilidades que se le abrían a su obra con la computadora y con el trato regular con un amplio elenco de disciplinas científicas.

Aunque por supuesto intervinieran otras personas, las cuales alentaron sin ambages la iniciativa, la decisión de crear el seminario de Formas Plásticas fue principalmente de García Camarero, persuadido como estaba ya por entonces del vasto escenario de exploración e investigación que acababa de comenzar. En este sentido, también fue crucial el precedente que constituían los seminarios de Composición de Espacios Arquitectónicos y de Lingüística Matemática, indisociables del de Arte, una vez fue este creado, para un espíritu como García Camarero. Ahí residía, precisamente, el verdadero carácter interdisciplinar del proyecto, en la estrecha relación y en la interdependencia entre los tres seminarios, junto al de Música que se organizó después. Es posible que algunos de los participantes en los seminarios no estuviesen interesados en esta interdependencia y en los frutos que podía derivarse de ella, pero en general ése era el espíritu que animó a sus miembros durante el periodo más fecundo de la experiencia, según pone asimismo de relieve el que hubo quien participó simultáneamente en varios seminarios, como fue el caso, quizás el más destacado, del arquitecto F. Javier Seguí de la Riva.

La preponderancia de las investigaciones orientadas específicamente hacia el campo de la pintura que se advierte en la historia del seminario, bien

sea el del estudio automático del color, el problema del movimiento en un espacio bidimensional o las combinaciones de estructuras modulares asimismo en una superficie plana, responde fundamentalmente a dos motivos: de un lado, al mayor número de pintores en el conjunto de artistas plásticos que formaron parte del seminario; de otro lado, al interés que despertó desde el principio entre los responsables del Centro la obra de Barbadillo, cuyas características facilitaban la elaboración de los programas y servían en muchos aspectos de modelo teórico y práctico para buena parte de las cuestiones que se debatían en las reuniones. De hecho, la influencia ejercida por el vocabulario y la sintaxis modular se dejó sentir en una proporción destacada entre los participantes, fuesen o no artistas. Aquel interés, inicialmente, hay que atribuírselo a Barberá y García Camarero, aunque el de Briones, una vez se hizo cargo de la dirección del seminario después del bienio en que lo dirigió García Camarero, puede incluso calificarse de extraordinario, según confirma el elevado número de alusiones y extensos comentarios que encontramos en sus escritos y artículos a esa obra, así como su dedicación personal a confeccionar programas específicos en los que las características modulares de la producción de Barbadillo fueron tomadas como base.

La excepción más notable a ese interés preponderante en las cuestiones relacionadas con la pintura, fue el trabajo de Alexanco, quien, junto a su preocupación por aquéllas, natural dada su condición plástica esencial de pintor, se embarcó en una rigurosa investigación cuyos resultados incidían directamente en el campo de la escultura.

De los casi cinco años en que existió el seminario, el periodo más provechoso fue sin duda el de los dos primeros cursos, 1968-1969 y 1969-1970, en que lo dirigió García Camarero. La explicación de ello tampoco esconde ningún secreto. No sólo se contaba con una considerable porción de entusiasmo, normal en el arranque y primer desarrollo de cualquier proyecto de esas características, sino que ni el número de los participantes en la experiencia era todavía demasiado grande, lo cual facilitaba las tareas puramente organizativas y hacía más fluidas las relaciones interpersonales, ni las diferencias entre los responsables del Centro o las tensiones entre éstos y algunos de los artistas eran aún suficientes como para entorpecer el desarrollo de la experiencia. De estas últimas, la más relevante se saldó con el progresivo distanciamiento de Barbadillo, que dejó de asistir completamente a las sesiones para cuando se inauguró el tercer curso de funcionamiento del seminario. En cuanto a las diferencias entre los miembros del equipo directivo, siempre discurren por los cauces del más estricto respeto mutuo. Sin embargo, tampoco sería objetivo magnificar esas circunstancias, ni atribuirles más importancia de la que se deriva de los efectos que la relación entre personas pueda imprimir al normal desenvolvimiento de un proyecto de investigación artístico-científico en equipo. Es decir, no estaríamos ajustándonos a la verdad si descargásemos sólo en ellas el peso de las razones que motivaron la extinción del seminario. Éste, como creo que han explicado muy bien Florentino Briones y

Tomás García Asensio, fue perdiendo gradualmente su impulso inicial, sobre todo a partir del momento en que muchos de los objetivos originariamente trazados habían sido cubiertos. Su ciclo vital, en este sentido, no se diferencia especialmente del de otros proyectos interdisciplinares, en España o en otros países de su entorno, donde tengan que convivir, de una parte, los intereses propios de toda institución pública académica (y el Centro de Cálculo lo era en cuanto organismo dependiente de la Universidad Complutense de Madrid), condicionada por circunstancias relacionadas con la promoción personal de sus responsables, con el presupuesto y con problemas burocráticos de funcionamiento, y, de otra parte, los intereses estrictamente artísticos y científicos, esto es, de obtención de resultados, junto a los de promoción personal de los propios artistas participantes. Esta última cuestión resulta asimismo delicada y de difícil evaluación para el historiador, pues en ella se entremezclan las lógicas y siempre respetables aspiraciones de promoción personal a que tiene derecho cualquier profesional en un determinado campo de actividad, en este caso la artística, y el oportunismo de quienes se adhieren a un proyecto simplemente por los beneficios que pueda reportarle en esa parcela de la promoción personal, sin preocuparse demasiado en contribuir a sus verdaderos fines, que siempre deben ser los de ampliar y profundizar en el conocimiento. De la documentación consultada, de las conversaciones mantenidas con sus protagonistas y de los resultados obtenidos en forma de textos escritos y de obras realizadas, creo no equivocarme si concluyo en que ese oportunismo, que efectivamente lo hubo, fue minoritario y, en todo caso, no se le puede imputar a los principales protagonistas de la experiencia, quienes trabajaron con sincero esfuerzo y dedicación en investigar las posibilidades que la computadora abría en el panorama de las artes plásticas.

El seminario, pues, murió sobre todo de inanición, de agotamiento, perceptible para la mayoría a partir del tercer curso, aunque también deben subrayarse los logros alcanzados durante el periodo en que fue dirigido por Briones y coordinado por Ignacio Gómez de Liaño, en el que se emprendieron nuevas investigaciones y se trató de completar las ya iniciadas, se continuó publicando el resultado de los trabajos en el Boletín del Centro, bien es verdad que con menor frecuencia y regularidad, y se organizaron algunas exposiciones, aunque no tuvieron el nivel ni la repercusión de las dos primeras.

El núcleo esencial de artistas estuvo constituido por José Luis Alexanco, Manuel Barbadillo y José María López Yturalde, presentes desde el principio de la experiencia, aunque también realizaron contribuciones de relieve, en el campo específico de las artes plásticas, Tomás García Asensio, José Luis Gómez Perales, Manuel Quejido y Gerardo Delgado, y, en la aplicación de la computadora al estudio de determinados periodos o personalidades individuales de la historia del arte, Ignacio Gómez de Liaño.

La contribución de Alexanco al seminario fue sin ningún género de dudas fundamental, no sólo por el carácter concreto y los resultados de su investigación, que naturalmente están sujetos, como en cualquier caso, al gusto

estético personal del observador, sino principalmente por la actitud que le distinguió en esta empresa, entregándose de lleno a ella con todas las consecuencias que eso implicaba. Si de lo que se trataba era de analizar, estudiar e investigar las posibilidades que el ordenador ofrecía al campo de la plástica, nada más consecuente, como hizo Alexanco, que aprender a programar y elaborar él mismo los programas informáticos que iba a utilizar. De ese núcleo esencial de artistas, él fue el único que aprendió lenguaje de programación. Esto trajo otra consecuencia añadida y no menos importante. A medida que Alexanco fue introduciéndose en los secretos de la programación, el programa resultante, en este caso *Mouvnt*, fue cobrando progresivamente trascendencia en el concepto de la obra como producto artístico, no tanto, aunque también, por la interdependencia dialéctica entre el programa y los resultados que iban obteniéndose, cuanto por la consideración del programa, esto es, del proceso de elaboración del producto final, como la verdadera obra artística, con lo cual Alexanco entroncaba intelectualmente con algunos de los más cualificados representantes del *computer graphic* en el mundo. La proyección y visión en el terminal de pantalla de rayos catódicos de las sucesivas transformaciones de una forma dada a que daba lugar el programa, antes de que la obra se materializase en un producto escultórico convencional en tres dimensiones o en una figura sobre una superficie bidimensional, eran ya la obra misma. Este resultado en forma de película en tiempo real, acrecentaba, como he dicho, la interacción entre el creador y la máquina, incidiendo de esta manera en el proceso de elaboración del programa. Estamos, por tanto, como él mismo ha indicado con meridiana claridad, ante «la preponderancia de la obra-idea sobre la obra-objeto», esto es, ante la autonomía estética del programa y de la obra como proceso. La investigación emprendida por Alexanco en el Centro de Cálculo, tuvo, además, otra laudable consecuencia en el desarrollo posterior de su obra, con independencia del hecho de que decidiese prescindir del auxilio de la máquina para realizarla: la trascendencia que a partir de entonces concedería al proceso de elaboración del objeto estético y el interés por los aspectos intelectuales que distinguen a la creación artística.

En el caso de Barbadillo, tanto las características que presentaba su producción en la primavera de 1968, como el proyecto de investigación que sobre ella propone a los responsables del Centro, desempeñan un papel decisivo en la creación y en la línea de trabajo emprendida por el seminario. De todos los artistas participantes en la experiencia, es el único en el que los rasgos esenciales de su obra estaban ya perfectamente definidos desde mucho antes de su primer encuentro con la máquina, y de manera muy especial el más importante de todos ellos, a saber, el ingrediente cibernético que sustentaba sus peculiares estructuras modulares y la sintaxis combinatoria entre los distintos elementos. De hecho, el interés de Barbadillo por el ordenador estuvo dirigido al principio hacia el descubrimiento de ciertas leyes lógicas que sospechaba en la, hasta ese momento, decisión subjetiva de seleccionar determinadas combinaciones realizadas con el único módulo que por entonces em-

pleaba y rechazar otras. El método casi exclusivamente intuitivo que lo había guiado desde 1964 hasta abril de 1968, quería reforzarlo con el descubrimiento de esas leyes objetivas que presentía, y ahí era donde el ordenador podía prestarle una gran ayuda. Este último aspecto, es decir, la consideración de la máquina como herramienta auxiliar de trabajo, si en algún artista de los integrantes del seminario madrileño debe ser subrayada, es precisamente en Barbadillo, para quien el ordenador nunca fue entonces ni ha sido posteriormente algo imprescindible, como revela el dato de que, al menos durante un periodo prolongado, el que se extiende entre el momento en que abandona el Centro de Cálculo y 1979, no hiciese uso de él, lo que tampoco fue obstáculo para que su trabajo artístico, bien es verdad que sumido en una fuerte crisis, continuase. Que el encuentro y el uso continuado del ordenador, salvo el segmento temporal aludido, han sido, sin embargo, un factor de suma importancia en el desarrollo evolutivo de su obra a partir de abril de 1968, también lo pone de relieve el que no sólo su vocabulario modular aumentó al poco de su primer contacto con la máquina, sino que la salida de aquella crisis le debe mucho al descubrimiento de los ordenadores personales, renovado encuentro con la máquina que también iba a permitir una nueva ampliación de su vocabulario en 1984. Pero, insisto, lo que convierte a Barbadillo en un destacado representante del *computer art* en el mundo, es aquel ingrediente cibernético que se vislumbra en su obra desde 1964, indisociable a su vez de una concepción cibernética del universo y, por ello mismo, susceptible en grado óptimo de un tratamiento informático. Una obra desde entonces hasta hoy que, junto a unas características —el ser en sí misma cibernética, la esencial preocupación por el ritmo, el movimiento y la organización de las formas en el espacio, el estar dotada de un sugestivo contenido simbólico— que la hacen poseedora de una desacostumbrada unidad estilística y de pensamiento, parece asimismo estar dirigida por una voluntad invisible que en realidad no es otra que la facultad intuitiva del artista, capaz de presentir de modo pre-lógico y pre-racional lo que después se manifiesta con una aplastante evidencia racional.

Preocupado desde antes de la creación del seminario de Formas Plásticas por los problemas relacionados con la percepción visual, Yturralde también desarrolló una interesante investigación en el Centro de Cálculo acerca de esas particulares estructuras geométricas que desafían las leyes lógicas de la percepción que son las figuras imposibles. En su caso concreto, como puso de relieve García Camarero, la ayuda que podía proporcionar la computadora era de rango menor, aunque no despreciable. El estudio y análisis a través del ordenador del fundamento de tales formas y de su intrínseco carácter ambiguo, repercutieron también positivamente en el ulterior desarrollo evolutivo de la obra de Yturralde, quien siempre ha reconocido el enriquecimiento artístico e intelectual que obtuvo con su participación en la experiencia.

En base a lo expresado hasta ahora en estas conclusiones y al contenido entero de este trabajo, mi opinión es que la experiencia artística del Centro

de Cálculo, en términos generales, debe ser calificada indiscutiblemente de positiva.

1. En primer lugar, por el saludable hecho de que la Universidad española se interesase, con inusual oportunidad y prontitud, por una de las propuestas más avanzadas de la neovanguardia internacional del momento. No ya sólo el carácter novedoso de la experiencia en sí, sino la sincera apertura a una tendencia artística absolutamente nueva y estrictamente coetánea, tan alejada de los intereses que por entonces dominaban en la inmensa mayoría de los docentes universitarios dedicados a las disciplinas histórico-artísticas, era algo por completo infrecuente, aun a pesar de que ese interés se canalizase a través de un organismo autónomo universitario con unas características tan peculiares como las que presentaba el Centro de Cálculo, atípico en el ámbito académico superior tanto por la procedencia cultural e inquietudes intelectuales de sus responsables, como por su estructura de funcionamiento.
2. En segundo lugar, por la positiva enseñanza que recibieron todos los participantes en el seminario que quisieron aprovecharla del contenido multidisciplinar del proyecto y del trabajo en equipo. La estrecha relación e interdependencia entre disciplinas pertenecientes a muy diversos campos artísticos y científicos, así como la posibilidad de discutir y contrastar opiniones en extremo diferentes, amplió sin duda los horizontes culturales e intelectuales de muchos de los artistas asistentes a las reuniones del seminario, ejerciendo en determinados casos una intensa y duradera influencia en el método de trabajo utilizado en el futuro, más riguroso y analítico, y en el desarrollo evolutivo posterior de sus respectivas producciones.
3. En tercer término, y de manera más específica, el seminario se adelantó en más de un aspecto a una de las vías más rigurosas, fructíferas e interesantes de la creación e investigación artísticas del último tercio del siglo veinte, la que establece, sin confundirlos y manteniendo la autonomía e independencia de ambos, fuertes vínculos entre el campo de las ciencias físico-matemáticas y el campo de la estética y de las artes, recuperando así una de las tradiciones artístico-culturales más elevadas y enraizadas en occidente.
4. En cuarto término, y en estrecha conexión con las tres anteriores consideraciones, la experiencia artística madrileña permitió que un grupo de profesores universitarios y artistas plásticos españoles desarrollasen, aunque fuese por un periodo limitado, una labor de intercambio y cooperación con otros centros universitarios, grupos y proyectos interdisciplinares de similares características y con diversos artistas e investigadores dispersos en diferentes lugares del

mundo, enriqueciendo así el panorama de la investigación artística y científica y el ámbito de la creación estética en España.

5. El seminario llamó la atención y profundizó notablemente en los aspectos puramente conceptuales de la obra de arte, así como en la importancia que el proceso mismo de elaboración tiene en la valoración estética del producto artístico.
6. El seminario contribuyó de manera muy destacada a que las artes plásticas se abriesen al desconocido y vasto campo de las nuevas tecnologías, indiscutiblemente uno de los rasgos fundamentales de la creación artística a finales del siglo veinte.
7. La experiencia del Centro de Cálculo, en sí misma novedosa y por tanto necesariamente polémica, estimuló el nivel de discusión crítica sobre múltiples cuestiones relacionadas con la creación artística contemporánea, en Madrid y en otras ciudades de España donde se tuvo noticia de la existencia del seminario y de sus trabajos.
8. Los resultados concretos en obras realizadas con ayuda de la computadora durante el tiempo de vida del seminario, si bien limitados en muchos casos, en otros fueron notables y en algunos pocos incluso sobresalientes, enriqueciendo así la aportación española a la creación artística contemporánea.

En el momento de redactar estas líneas, cuando resta poco más de un año para que empiece un nuevo milenio, no sólo estamos los ciudadanos de occidente infinitamente más familiarizados con los ordenadores de lo que se estaba a finales de los sesenta, dejando éstos en más de un sentido de ser un peligro para nuestra especie como el que se dibuja con rasgos artísticos de inigualable maestría en ese soberbio monumento cinematográfico que es *2001, una odisea del espacio*, de Stanley Kubrick, realizada precisamente el año en que se inauguró *Cybernetic Serendipity* y en que dieron comienzo las reuniones del seminario del Centro de Cálculo, sino que también aquéllos, junto a otros medios tecnológicos, han llegado a formar parte habitual de la creación artística contemporánea, costumbre que muy probablemente veremos incrementarse en el futuro inmediato. Sin embargo, de igual modo que en los primeros decenios de la fotografía o en la heroica etapa del cine mudo, también los albores del *computer graphic* y del arte cibernético siguen ejerciendo para algunos, entre los que me encuentro, una particular fascinación y atractivo, derivados tanto del carácter romántico y del noble anhelo en el avance del conocimiento que suelen existir en los orígenes de innumerables empresas humanas, como de la sencillez y desnuda belleza de muchas de sus creaciones. Entre ellas, las que se gestaron durante el periodo en que se mantuvo activo el seminario de Formas Plásticas del Centro de Cálculo, ocupan sin duda una posición destacada.

Apéndice documental

7.1. Textos de los responsables del Centro de Cálculo.

7.1.1. Florentino Briones. «¿Puede una calculadora crear una obra de arte? Generación automática de formas plásticas por medio de ordenadores» (*Obras. Revista de construcción*, n° 118, Madrid, 1973, págs. 40-46).

LOS PRIMEROS AÑOS

Mario Fernández Barberá se presentó un día de marzo de 1968 en el Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid acompañado de Manuel Barbadillo, que había venido de Torremolinos para explicarnos a él, a Ernesto García Camarero y a mí su «sospecha» de que con nuestra calculadora podríamos ayudarle en la realización de su obra. Puede decirse que en ese momento se creó el seminario de Análisis y Generación Automática de Formas Plásticas (SAGAF-P). El seminario quedó plenamente constituido hacia el mes de diciembre, uniéndose a él un grupo de pintores, arquitectos, lingüistas, analistas del Centro de Cálculo y estudiantes de matemáticas y arquitectura.

Entre los pintores que venían al seminario, sólo dos tenían ya una cierta experiencia en arte y calculadoras: Abel Martín y Eusebio Sempere habían utilizado en algunas serigrafías curvas matemáticas de notable belleza, generadas mediante un trazador de curvas por el ingeniero de caminos Eduardo Arrechea.

En junio [de 1969], y como clausura del primer año de trabajo del seminario, se celebró una primera exposición a la que llamamos *Formas computables*, porque no todas las obras habían sido «computadas», aunque se exhibían, bien como antecedentes (Mondrian, Vasarely, Equipo 57), o como posibles obras a tratar con el ordenador (Alexanco, Amador, Elena

Asins, Tomás García, Lily Greenham, Lugán, Quejido, Abel Martín, Eduardo Sanz, Javier Seguí y Soledad Sevilla). Las únicas en las que el ordenador había realmente participado era en las de Sempere, Barbadillo e Yturralde.

El curso 1969-70 fue un periodo de gran actividad en el seno del seminario: se dictaron cursos (Ignacio Gómez de Liaño, Barberá), se invitó a dar conferencias y coloquios a relevantes personalidades (Abraham A. Moles, A. Sutcliffe, H. W. Franke...) y, como colofón, se montó una exposición en la que tanto las obras de los pintores del seminario (Alexanco, Barbadillo, Gerardo Delgado, Tomás García, Gómez Perales, Lugán, Quejido, Soledad Sevilla, Sempere) como la de los extranjeros invitados (Ashworth, Lecci, Mezei, Milojevic, Nake, Nees, Noll, Radovic, Saunders) habían sido tratadas por ordenador. También, durante este curso, fuimos invitados Barberá, Camarero y yo a dar en París unas conferencias sobre Ordenadores y Creatividad.

1970-71 fue un año de crisis... Pero es difícil explicar la crisis sin contar un poco lo que hacía cada uno de los artistas, y es difícil contar esto sin explicar primero cómo funciona un ordenador, aunque sea someramente y sólo en algunos aspectos que interesan aquí.

EL ORDENADOR

Nadie duda hoy en día que las calculadoras son un poderoso instrumento, necesario en toda investigación científica. Pero al hablar de arte, la cosa no parece estar tan clara. ¿Puede una calculadora crear una obra de arte? Esta es una pregunta que muchos se hacen, pero que está mal formulada. En el campo científico, no se pregunta si una calculadora puede realizar un descubrimiento que la haga merecedora de un Premio Nobel. Simplemente se pregunta si la calculadora puede ayudar a realizarlo. En arte, la pregunta debería ser análoga. ¿Puede una calculadora ser útil al artista en algún momento del proceso creativo? O bien: ¿pueden ser los ordenadores instrumentos eficaces en manos del artista?

La utilización de calculadoras en el arte está realmente en sus comienzos y no podemos prever todavía qué alcance podrá tener en el futuro. Lo que sí podemos asegurar es que no se trata de un instrumento «mágico» al que se le puedan dar unas ideas más o menos nebulosas, encargándose él de ordenarlas y clarificarlas. Las ideas deben ser claras desde el primer momento, e incluso la forma de ordenarlas hay que explicitársela con toda claridad.

Veamos, como ejemplo, un pequeño programa que sirve para dibujar una circunferencia:

```
SUBROUTINE CIRC (A,B,R)
8007 PUNT = R * 40
8008 DALFA = 6.28318/PUNT
8009 ALFA = 0.
8010 X = R * A
8011 Y = B
8012 CALL PLOT (X,Y, 3)
      2 ALFA = ALFA + DALFA
8013 IF (ALFA.GE.6.28318) GO TO 1
8014 X = R * COS (ALFA) + A
8015 Y = R * SIN (ALFA) + B
8016 CALL PLOT (X, Y, 2)
8017 GO TO 2
      1 X = R * A
8018 Y = B
8019 CALL PLOT (X, Y, 2)
8020 RETURN
      END
```

El programa está escrito en FORTRAN y cada línea contiene una frase o «sentencia» de ese lenguaje. Al número escrito a la izquierda de cada una se le llama «número de la sentencia»; no tiene un sentido de orden, sino simplemente referencial. La primera sentencia, sin número, indica que se trata de una subrutina (un tipo especial de subprograma que se llama

CIRC). Para que funcione hay que darle tres números, que del contexto de la subrutina se deducen que son las coordenadas del centro de la circunferencia y su radio.

Como el trazador de curvas no dibuja realmente curvas, sino tramos rectos, calcularemos la posición que tienen una serie de puntos de la circunferencia y los uniremos ordenadamente. Es decir, en vez de dibujar la circunferencia, dibujaremos un polígono inscrito en ella y con un número suficiente de vértices como para que, visto a una cierta distancia, lo parezca. Cuanto mayor sea el radio, mayor número de vértices necesitaremos. La sentencia 8007 calcula el número de vértices, poniéndolo en 40 veces el radio en centímetros. El ángulo DALFA, que forman dos puntos consecutivos con el centro de la circunferencia, se calcula en 8008. Las coordenadas del punto más a la derecha de la circunferencia son las mismas que las del centro, incrementando la X en la longitud del radio (sentencias 8010 y 8011). A este punto lo tomamos como origen de los ángulos (8009) y damos la orden al trazador de curvas (8012) de que traslade hasta él la plumilla sin escribir (eso significa el número 3). En la sentencia 2 calculamos que el ángulo correspondiente al segundo punto es igual al ángulo que teníamos más la distancia angular DALFA que separa cada dos puntos consecutivos. En 8013 se pregunta si el ángulo ALFA es mayor o igual que 2. Si esto fuera así querría decir que ya habríamos prácticamente dibujado la circunferencia y damos la orden de saltarse las próximas sentencias, siendo la número 1 la primera que habría que ejecutar (GO TO 1). Si ALFA es todavía menor que 2, se calculan las coordenadas del próximo punto (8014 y 8015) y se da la orden al trazador (8016) de que traslade la plumilla a dicho punto, pero esta vez escribiendo. (Para eso es el 2). En la sentencia 8017 se dice que la próxima sentencia a ejecutar debe ser la número 2. Pero la sentencia número 2, lo que hace es incrementar, como vimos, el ángulo ALFA en la cantidad DALFA; a continuación se volverá a preguntar si ALFA vale ya 2, y el ciclo se repetirá una y otra vez (dibujando en cada iteración un lado del polígono), hasta que, al cumplirse la condición requerida en 8013, saldremos del ciclo ejecutando la instrucción número 1, que con 8018 y 8019 dibuja el último punto de la circunferencia. Una vez terminado el dibujo que queríamos hacer, devolvemos el Control (8020) al programa que llamó a la subrutina. La sentencia END significa simplemente que ella es la última sentencia de la subrutina. He dicho que el trazador no dibuja curvas, sino sólo tramos rectos. Más aún: concretamente, sólo dibuja trazos rectos en cualquiera de las ocho direcciones principales (N, NE, E, SE, S, SO y NO), de forma que cualquier trazo recto lo efectúa mediante una sucesión de pequeños trazos (de una décima de milímetro), alternados en dos de estas direcciones. A esto se debe el «temblor» que se nota mirando de cerca los dibujos producidos por este aparato. Naturalmente, no hay que hacer este programa cada vez que quiera dibujarse una circunferencia. Basta hacerlo una sola vez. Ahora, si queremos dibujar tres circunferencias de radios 1, 2 y 3 centímetros y con centro en los puntos (0,0), (1,0) y (0,2), bastará poner:

CALL CIRC (0,0,1.)

CALL CIRC (1,0,2.)

CALL CIRC (0,2,3.)

Los resultados deseados por el artista pueden serle dibujados por el trazador de curvas, por una pantalla de rayos catódicos o simplemente por una impresora que utiliza los mismos signos que una máquina de escribir, pero capaz de hacerlo a razón de mil líneas por minuto.

LOS ARTISTAS

Esta velocidad, que aún es mayor en los órganos internos del cálculo en los que no intervienen elementos mecánicos, es una de las razones por las que el ordenador es capaz de ayudar al artista. Sobre una forma, o una idea predeterminada, el artista, guiado por su intuición, ha hecho siempre una serie de variantes hasta encontrar la óptima. Ahora la calculadora puede hacerle en muy poco tiempo un número mucho mayor de variaciones entre las que él podrá elegir. Si además algunas reglas de selecciones pueden ser ya programadas, el ordenador mismo podrá ya de antemano hacer una preselección, ofreciendo al artista sólo aquellas variantes que más se ajustan a su idea. Este es el caso de Barbadillo. No se trata de hacer cálculos matemáticos complicados. Barbadillo realiza sus obras en base a cuatro módulos (su alfabeto básico) que, teniendo en cuenta sus simétricos, giros y complementarios, dan un total de

cuarenta y cuatro «letras». Por combinación de estas cuatro letras en un cuadrado de dos por dos, forma Barbadillo sus «palabras» o macromódulos. Un solo macromódulo, o varios yuxtapuestos (generalmente 2 x 2, 2 x 3 y 4 x 4), forman sus cuadros. Suponiendo que sus cuadros estuviesen formados por un solo macromódulo combinando en forma predeterminada consigo mismo y sus simétricos, giros y complementarios, el número de «cuadros» posibles sería 3.738.096. Él, en toda su vida, difícilmente sería capaz de hacer un somero apunte de todos ellos. La calculadora podría hacerlo (aunque tardaría alrededor de 200 días, dada su velocidad de impresión), pero esto tampoco serviría de mucho, ya que Barbadillo sería absolutamente incapaz de estudiarlos todos uno por uno. Afortunadamente, a base de estudiar una serie no excesivamente extensa de sus cuadros, y a través de sus propias explicaciones, hemos conseguido determinar una serie de reglas de selección capaces de reducir el número de posibilidades a un máximo de un cinco por mil, es decir, menos de veinte mil cuadros (un día de calculadora). El análisis de su obra continúa aún y esperamos llegar a unos niveles de selección aún mayores. Además, sus métodos y sus reglas se han generalizado, pudiéndose utilizar el mismo programa para una enorme variedad de módulos y para unos tipos de selección completamente opuestos a los utilizados por este artista. Este tipo de estudios no limita su interés al arte puro. Sus aplicaciones pueden ser de gran interés en otras disciplinas, como la arquitectura (composición automática de plantas a través de módulos arquitectónicos) o las artes decorativas (¿por qué al utilizar en las aceras de una calle baldosas, módulos que tienen un dibujo, se repite siempre, monótonamente, el mismo esquema?).

Dentro del campo de la pintura modular habría que incluir también gran parte de la obra de muchos de los componentes del SAGAF-P, cada uno con sus propias características, que enriquecen notablemente este concepto. Soledad Sevilla utiliza unos módulos de plástico transparente, que, superpuestos con diversos desplazamientos y yuxtapuestos con diversos ritmos, producen una gran variedad de formas de notable belleza. Gerardo Delgado recorta sus módulos sobre cartulinas de colores, siguiendo determinadas reglas programadas, y compone sus cuadros por superposición de ellas en distintas posiciones. Los módulos de Gómez Perales son rectángulos de colores planos y dimensiones prefijadas, que, adosados unos a otros, producen el cuadro (otro estudio con posible aplicación a la arquitectura). Ya en el límite entre lo que es y lo que no es pintura modular, encontramos las obras de Salamanca, Quejido, Tomás García, Abel Martín, Ana Buenaventura y Javier Seguí. Salamanca trabaja con dos cintas de Möbius, dobladas para adaptarse al plano y que se desplazan una sobre otra. La intención cinética es evidente en Quejido. Sus módulos son círculos que se desplazan sobre una retícula de trayectorias. Sus cuadros están formados por una secuencia de «instantáneas» de dicho movimiento. Tomás García inició un interesante estudio sobre el color, interrumpido por su estancia en Puerto Rico, que, tratado modularmente, podría ser un magnífico complemento para el resto de los estudios, realizados hasta ahora a nivel de máquina casi por completo en base sólo a las formas. Abel Martín, además de las obras que ya mencionamos, basadas en curvas matemáticas, se encuentra ahora utilizando activamente los estudios que sobre redes planas se llevaron a cabo durante el último curso en el seminario. Ana Buenaventura y Javier Seguí empezaron traduciendo en formas planas, con un simple signo circular, plantas estructurales arquitectónicas, manteniendo así toda la tensión correspondiente a la arquitectura. Pero un día vieron unos dibujos realizados con fines científicos por unos estudiantes de matemáticas que trataban de reproducir con la calculadora el crecimiento de una colonia de microorganismos. Los dibujos, sumamente esquemáticos, les parecieron a ellos que se adaptaban a lo que querían, mejor que su idea original, y, puestos en contacto artistas y estudiantes, mejoraron el programa especialmente en su parte gráfica, y es el que ahora utilizan como preparación de sus obras. Otro pintor que trabaja con una idea básicamente tomada de la ciencia es Eusebio Sempere: la ley de la Gravitación Universal (con algunos añadidos, claro está). Sempere ha construido su autorretrato tomando las densidades de blancos, grises y negros de una fotografía suya como masas que atraen y deforman una red de hilos situada sobre ella. Searle, Liaño y Cienfuegos están haciendo un estudio sobre densidades de luz y de color en los cuadros del *Apostolado* del Greco, y en la *Maja desnuda* de Goya. Por un proceso de pérdida de información, estos cuadros se van transformando, a través de una serie de

iteraciones, en una colección de cuadros abstractos. Yturalde pinta figuras imposibles. Con el ordenador se han generado todos los triángulos, cuadrados, pentágonos y hexágonos, tanto posibles como imposibles. Se trata aquí de un simple problema combinatorio: la proyección plana del ángulo formado por dos barras de sección cuadrada puede ser de cuatro tipos distintos. Combinándolos en los vértices de la figura, resultan algunas que realmente podrían construirse en tres dimensiones, pero en su mayor parte son de construcción imposible. Alexanco está haciendo un programa que, dadas las curvas de nivel de una figura tridimensional, hace que ésta aparezca en una pantalla de rayos catódicos, donde puede ser modificada mediante transformaciones de tipo cuasi-matemático en forma interactiva hombre-máquina.

LOS ÚLTIMOS AÑOS

De todos los artistas citados, sólo han aprendido a programar Alexanco, Searle y Cienfuegos. Al resto de los pintores les han hecho sus programas los analistas del Centro y los estudiantes asistentes al seminario. Esto crea dos clases de problemas: en primer lugar, la comunicación artista-científico no es siempre fácil, y los resultados de los programas no siempre son los que el artista esperaba. Entonces suelen ocurrir dos cosas: el artista se siente frustrado y llega a la conclusión de que o la máquina no le sirve o el programador no hace caso de lo que le dice. El científico, por su parte, tiene la impresión de que él ha puesto más de la obra que el propio artista. En segundo lugar, tanto los analistas como los estudiantes pueden sólo dedicar una parte muy limitada de su tiempo a escribir programas, con el agravante de que éstos suelen ser complejos, pero científicamente poco satisfactorios. Es frecuente que uno se interese por el seminario, asista a unas cuantas reuniones, escriba un programa y no vuelva a aparecer por allí.

Por supuesto, ha habido más de un artista que ha ido por el seminario y al que no se le ha hecho ningún programa. A la mayoría, sólo se les ha hecho uno, y a ninguno se le han hecho más de dos. Paradójicamente, aquellos para los que más cosas se habían hecho también estaban descontentos: en algunos casos, la cantidad de resultados proporcionados por la máquina era tal, que «hacía imposible una meditación profunda sobre ellos»; en otros, la calidad era tan buena, que el artista temía que se le diese más importancia a la aportación de la máquina que a la suya propia. Se montó una exposición en la sala Santa Catalina, del Ateneo madrileño (Abel Martín, Alexanco, G. Delgado, T. García, Gómez Perales, Lugán, Quejido, Salamanca, Ana Buenaventura, Sempere, S. Sevilla e Yturalde), pero nadie quedó muy satisfecho: las obras expuestas no diferían mucho de las del año anterior y no parecía que se hubiera avanzado mucho en profundidad.

En estas condiciones no es de extrañar que el curso 70-71 lo consideremos como un año de «crisis». Hubo algunas discusiones para decidir la orientación que había que darle al seminario. Seguir resolviendo los problemas particulares de cada uno no era lo más importante. El seminario debía dedicarse más bien al estudio en profundidad de un tema de interés general.

Así, el curso 71-72 se ha dedicado a estudiar las redes bidimensionales, estudio complementario al de los módulos, que ya se venía realizando y que, junto a éste, esperamos que sirva para iniciar la construcción de un lenguaje de programación orientado a las aplicaciones gráficas y de fácil utilización para los artistas. Esto no quiere decir que no se intente resolver los problemas de cada uno en la medida en que lo permitan nuestras limitadas fuerzas de programación. Y, de hecho, a los Encuentros de Pamplona, a los que fuimos invitados este año, se llevaron varios programas nuevos. Quiere decir simplemente que ahora el énfasis lo ponemos en temas de interés más general, aunque de vez en cuando, como quiere Sempere, hagamos alguna «locurita». El problema de la falta de mano de obra (programadores) se nos volverá a presentar de todas formas en un futuro próximo, cuando haya que construir el programa que interprete para la máquina el lenguaje de programación gráfica de que hablábamos antes. Pero hacer un «compilador» es algo científicamente atrayente, por lo que posiblemente el problema sea mucho menor.

7.1.2. Florentino Briones. «Pintura y ordenador» (*Arte e informática*. Madrid, Fundación Citema, 1980, págs. 86-91)¹.

1. INTRODUCCIÓN

Durante algunos años ha estado funcionando en el Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid un seminario sobre Análisis y Generación Automática de Formas Plásticas. Una vez por semana, por la tarde, se reúnen artistas e informáticos para discutir diversos problemas, desde los generales sobre estética hasta los muy concretos que conciernen a la obra de uno de los artistas.

En estas discusiones, generales y abiertas, aparecieron algunos puntos recurrentes, relativos a pintura modular, como comunes a casi todos los pintores del seminario (referencias 1, 2, 3 y 4), y fue escrita toda una serie de programas más o menos particularizados para cada caso. La intención actual es la de conectar los más generales para formar un programa complejo que ayude a los artistas modulares a pintar sus cuadros desde los apuntes iniciales hasta la obra final.

El programa que voy a describir en este artículo es uno de los de la serie general, pero, para entenderlo mejor, comenzaré explicando qué es lo que hacen los demás.

2. PINTURA MODULAR

Una pintura modular está formada por dos tipos de elementos: redes y módulos. Redes formadas por polígonos regulares o irregulares, de lados rectos o curvos, y módulos que pueden ser inscritos en sus mallas o centrados en sus nudos.

Un cuadro puede estar constituido simplemente por una red. También puede estar formado por un solo módulo. Además, un módulo puede, de hecho, ser una red previamente construida, y puede construirse una red con las mismas técnicas con las que se puede construir un módulo. Pero hemos desarrollado dos programas para hacer independientemente cada una de estas dos cosas.

En el primer programa (ref. 6) se comienza definiendo las líneas simples que, unidas gráficamente, forman una o varias de las mallas de la red. Después, usando simetrías y simples comandos de unión (ref. 7) se puede construir la red completa.

En el segundo programa (ref. 5) se comienza con un alfabeto de «micromódulos» de formas apropiadas que, por combinación, rotación, intersección y algunas otras simples funciones elementales, ayudan a producir los módulos definitivos que se utilizarán en el cuadro.

El tercer programa es, lógicamente, el que coloca los módulos sobre la red. Volveré más adelante sobre él.

Estos tres programas fueron escritos en forma bastante inconexa. El primero fue escrito para obtener la red en un trazador de curvas. El segundo, para construir los módulos en una pantalla gráfica, y sólo para módulos cuadrados. Los terceros (hay dos terceros por ahora), para la impresora.

Queremos reescribir ahora los programas para que puedan trabajar uno tras otro conversacionalmente en una pantalla, generalizando el que ya está escrito para ella a módulos de cualquier tipo.

En los dos primeros programas, la construcción de la red y la de los módulos será interactiva paso a paso, esto es, el ordenador hará tan sólo las combinaciones de líneas o micromódulos que se le pidan explícitamente. Una vez que se tenga la red y los módulos, el tercer programa también actuará interactivamente, pero de una forma más indirecta.

Supongamos que tenemos una red formada por cuatro cuadrados, y que tenemos cuatro módulos básicos en blanco y negro que, por rotación, complementación y simetría, nos permite tener, como en el caso del pintor Barbadillo, 44 posiciones distintas para cada malla de la

¹ Este texto, con el título «Computer painting with some subjective data», fue presentado por primera vez en el Congreso IFIP-74 en Estocolmo, y fue originalmente publicado en los *Proceedings of the IFIP Congress*. Amsterdam, North Holland, págs. 856-860.

red. Esto nos da un total de unos 2×10^{26} posibles cuadrados. Es evidente que es imposible mostrarlos todos en una pantalla para hacer una selección visual de los aceptables.

Uno de los datos necesarios para uno de los dos programas que escribimos para esto (de hecho, el primero de toda la serie), especificaba la simetría composicional que debía utilizarse, reduciendo las posibilidades a unos 4 millones de cuadrados.

Algunas condiciones suplementarias sobre interrelaciones entre módulos contiguos reducían las posibilidades a un número comprendido entre el 2 y el 10 por ciento del anterior, dependiendo de la simetría elegida.

Aunque el número de posibilidades es aún demasiado alto, este programa ha demostrado ser útil y pensamos añadir alguna de sus posibilidades al nuevo que ahora estamos desarrollando.

3. LA IDEA INICIAL DEL NUEVO PROGRAMA

Un módulo puede tener una forma cualquiera y un diseño muy complejo con distintos colores, pero por simplicidad y claridad supondremos ahora que son simples cuadrados con un único color uniforme cada uno.

Supongamos que queremos calcular con estos módulos una pintura sobre una red formada por 10×13 cuadrados. Supongamos además que tenemos, para ciertas propiedades objetivas de los colores, unas escalas comprendidas entre 1 y 10. En estas condiciones podremos pedir al ordenador que calcule un cuadro que, por ejemplo, tenga una «luminosidad» media de 7, con el centro de la «luminosidad» situado en el cuadrado (2, 4) (el cuarto cuadrado de la segunda fila), una temperatura media de 3 (en el sentido de grados Kelvin, pero modificando la escala entre 0 y 10) con el centro de «frialdad» en el recuadro (7, 10), etc.

Si se da un número suficiente de condiciones, se puede tener la suerte de encontrar una y sólo una solución al problema. Pero, ¿qué colores se están usando? ¿Cualesquiera? ¿El catálogo de colores de una marca concreta de pintura? No. Ciertamente, cada artista utilizará su propia e intransferible paleta, donde el «amarillo cromo» incluye un poco de rojo para hacerlo un poco más «confortable», y el «verde esmeralda» contiene un poco de violeta para hacerlo menos «estridente».

Parece que hay dos soluciones. La primera consiste en que el computador tenga un catálogo de colores muy extenso, cada uno con una tabla completa de sus propiedades. El artista tendría entonces que seleccionar entre ellos los que quiera utilizar. La segunda consiste en que, cada vez, el artista daría a la computadora los nombres y las propiedades de los colores que piensa usar.

La primera solución no es buena por varias razones. Las dos más importantes son que el esfuerzo de catalogar todos los colores posibles y sus propiedades sería una labor de muchos años para un grupo de físicos experimentales con un equipo complejo, y que cada artista echaría a faltar en el catálogo algún color especial, pero muy importante para él (esto es especialmente cierto si los módulos no están constituidos por simples colores, sino que son módulos complejos).

La segunda solución tampoco es buena, porque no se puede confiar en los conocimientos de los artistas para hacer mediciones objetivas de las propiedades de sus propios colores.

Para ambas soluciones hay un obstáculo suplementario: en una pintura, después de todo, no son tan importantes las propiedades físicas de sus colores. Las propiedades físicas son filtradas por nuestro modo fisiológico de verlas y las propiedades «fisiológicas» son remodeladas a su vez por nuestra propia e individual psicología. ¿No son realmente más importantes para el cuadro las propiedades del tipo «confortabilidad» y «estridencia» antes mencionadas? Incluso si hablamos de luminosidad o temperatura, ¿no son más importantes para el cuadro las que «siente» el artista que las más estrictas medidas físicas que se pudieran obtener?

Pensamos que la forma correcta de actuar consiste en que el artista proporcione al ordenador los nombres de los colores que quiere utilizar (sólo él sabe exactamente lo que él entiende por «rojo») y una tabla con las propiedades importantes que él ve en ellos, incluyendo la confortabilidad, la estridencia, la luminosidad, la temperatura y cualquier otra clase de propiedades por extravagantes que parezcan: politización, erotismo, angustia, (sólo el artista sa-

be, aquí también, lo que significa cada uno de esos términos). Pero si él pide al ordenador que la confortabilidad y la politización media tengan un valor 2, ciertamente está pidiendo un cuadro muy incómodo y poco politizado, en el mismo sentido en el que él usó esos términos para las propiedades de los colores.

4. CÓMO FUNCIONA EL PROGRAMA

Supongamos ahora que estamos utilizando sólo dos colores, blanco y negro, con luminosidad 0 y 10 respectivamente, y que se quiere colocar sobre una red de 4×4 cuadrados para obtener un cuadro con luminosidad media 7. Es fácil comprobar que no hay solución, siendo la mejor aproximación colocar 11 cuadrados blancos y 5 negros, lo que da una luminosidad media de 6,875 (un cuadrado blanco más nos daría una luminosidad media de 7,5).

Este es un ejemplo simple que muestra cómo, en general, si se dan las propiedades de los módulos y se pide un cuadro con unos valores arbitrarios para sus medidas, centros de gravedad y otras posibles funciones de esas propiedades, no existiría solución exacta. Lo único que se puede esperar es obtener una «mejor aproximación» al cuadro ideal que se desea (en el programa están previstas aproximaciones L_1 , L_2 y L_∞ , teniendo en cuenta además que puede haber más de una mejor aproximación. En el ejemplo anterior se pueden colocar sobre la red los 11 cuadros blancos y los 5 negros de cualquier manera).

No siendo en general posible una solución exacta, es natural que se dé preferencia a unas propiedades o a algunas funciones de ellas. Por ejemplo, se puede preferir una más precisa aproximación a la angustia media que a la politización media, y una mejor aproximación a esta última media que a la exacta situación del centro de la angustia. Para tener en cuenta estas «preferencias» se pueden dar al programa, junto con los datos ideales del cuadro, otro conjunto de números que midan la importancia que se da a cada uno de ellos.

El programa comienza rellenando la red aleatoriamente con módulos. Calcula a continuación el valor de cada una de las funciones en las que se está interesado, comparándolas con los valores ideales que se han dado como datos. Como resultado, se calcula un número que mide la bondad de la aproximación (la desviación cuadrática media en el caso de la aproximación L_2). Entonces, empezando por la primera malla de la red, prueba en cada una de ellas todos los posibles módulos, sustituyendo el anterior por el que maximice la bondad de las aproximaciones. Una vez que esto ha sido hecho en todas las mallas, comienza de nuevo el proceso hasta que se realiza una iteración completa sin que haya un cambio de módulo que consiga una mejor aproximación. Esto significa que ha sido encontrado un mínimo relativo, y el resultado se imprime. Como probablemente existirá un gran número de mínimos relativos, se calcula una nueva distribución aleatoria de módulos y se comienza la búsqueda de un nuevo mínimo. Si la bondad del nuevo mínimo es la misma o peor que la del anterior, se rechaza la solución y se prueba una nueva distribución aleatoria. Si es un mínimo mejor, se imprime. Y el proceso se continúa hasta encontrar una aproximación que sea mejor que una dada, a partir de la cual se imprimen todas las soluciones, o hasta que el número de iteraciones realizadas sobrepase un número dado, parándose el proceso.

Ya he mencionado que, como características del cuadro, se puede fijar un valor para el valor medio de una propiedad y la posición de su centro (en el sentido de centro de gravedad). También se puede pedir un cierto grado de concentración de cada propiedad o un cierto grado de dispersión, entendiendo por concentración el que los módulos, a los que corresponda un valor alto para la propiedad, deben encontrarse más cerca (o más lejos) del centro de la propiedad, y por dispersión, el que los módulos que tengan números altos deben alternar (o no) con los que tienen números bajos, independientemente de donde esté el centro. Se pueden pedir también ciertas simetrías, independientes para cada propiedad, pero el pedir la misma para todas implica que los módulos estén simétricamente colocados. Se pueden fijar también «a priori» algunos módulos. De hecho, el número de funciones que se podría pedir no está muy limitado, y de vez en cuando añadimos al programa alguna nueva que consideramos significativa.

El tiempo necesario para calcular un cuadro es relativamente pequeño (3 minutos en un 7090 en el caso del ejemplo que viene más adelante), pero aún no hemos introducido lo que

probablemente será la parte que consuma más tiempo del programa y los datos que más consuman la paciencia del artista. Nos referimos a las propiedades de interrelación entre módulos, que necesitarán matrices completas de datos para cada propiedad. Un ejemplo de este tipo de interrelaciones puede ser el «contraste». El amarillo contrasta poco con el blanco, pero contrasta mucho con el negro. Si se quiere un cuadro con poco contraste, los amarillos y negros, los rojos y verdes, los naranjas y azules, etc., no deben encontrarse juntos en el grado en que indique el número asignado como «contraste» a cada par de colores.

Como dije antes, la versión de este programa da resultados en una impresora. Para la versión final (asumiendo que tengamos una pantalla con colores), las soluciones calculadas serán mostradas en la pantalla empezando por la final.

En el caso en el que los módulos sean simples colores, lo único que se puede hacer a continuación es seleccionar las soluciones más interesantes o cambiar los datos para mejorarlas. Pero si se trata de módulos complejos existe aún la posibilidad de cambiar cada uno de ellos por su simétrico o por una posible rotación. El número de posibles combinaciones es ahora menor que en el programa descrito anteriormente (8 por cuadrado en vez de 44 para el ejemplo), pero es de todas formas muy alto. Sin embargo, pensamos que, en este caso, siendo simetrías y rotaciones las únicas operaciones posibles sobre módulos que ya están posicionados en la pantalla, debe ser más eficiente para el artista hacer dichas operaciones interactivamente con la computadora que dejar que el ordenador busque todas las posibilidades que cumplan determinadas reglas más o menos claras.

5. UN EJEMPLO

El siguiente puede ser un ejemplo, aunque quizás poco realista:

Queremos pintar, sobre una red formada por 10 x 15 rectángulos, un cuadro abstracto semejando un paisaje campestre. Queremos usar los colores y las propiedades subjetivas que se muestran en la tabla 1, donde la propiedad «cielo» significa la probabilidad subjetiva de encontrar tales colores en el cielo. «Mont», la probabilidad subjetiva de encontrarlos en una montaña, etc.

Queremos obtener un paisaje luminoso, con el cielo en la parte alta, algunas montañas a la derecha y un pequeño pueblo al pie de las montañas. Lo más importante, por supuesto, es que el cielo esté arriba, después, las montañas, después, el pueblo y, finalmente, la brillantez. Para esto damos la tabla 2 como tabla de propiedades generales para el cuadro, donde cada dos filas se refieren a una sola función. La primera contiene el valor ideal, y la segunda, la importancia que concedemos a ese concepto.

La tabla 3 muestra una típica solución del ordenador.

Hay demasiado amarillo en la parte superior para un paisaje campestre. Probablemente dimos un valor demasiado bajo para el valor medio de las propiedades peso, montaña y cielo. Añadiendo una unidad a cada una de ellas, se obtiene como nueva solución la mostrada en la tabla 4.

De esta forma, se puede mejorar la obra y, en cierto sentido, objetivizar los propios valores subjetivos.

Dije que este ejemplo era poco realista porque para pintar un paisaje campestre no es probable que nadie utilice una técnica modular, pero creo que es un ejemplo claro porque todos sabemos cómo es un paisaje campestre. Podría haber puesto un ejemplo llamado algo así como «convolución de dos movimientos armónicos en torno a cuatro ejes biortogonales», pero hubiera sido mucho más largo explicar qué es lo que yo entiendo por un nombre tan extremadamente subjetivo y, al final, no se hubiera tampoco visto muy claramente la importancia que hubiera tenido un poco más o menos de amarillo para el concepto, ya que el resultado sería tan subjetivo como el nombre.

También se debe decir que el ejemplo no es muy bueno porque se mezclan propiedades generales (luminosidad, peso, temperatura y alegría) con propiedades locales (montaña, campo, pueblo y cielo) que, en buena lógica, deberían ser tratados de distinta forma.

REFERENCIAS:

1. Manuel Barbadillo. «El ordenador. Experiencias de un pintor con una herramienta nueva», en *Ordenadores en el arte*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 12-16.
2. Manuel Barbadillo. «Materia y vida», en *Ordenadores en el arte*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 17-23.
3. José Luis Gómez Perales. «Un intento de sistematización en la creación plástica», en *Boletín* núms. 8-9, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, enero 1970, págs. 20-27.
4. Manuel Quejido. «El problema del movimiento enfocado desde la nueva plástica», en *Boletín* núm. 10, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, febrero 1970, págs. 3-12. Manuel Quejido. «Generation de structures concreto-cinetiques planes», en *L'ordinateur et la créativité*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1970, págs. 105-115.
5. Florentino Briones. «Pintura modular», en *Boletín* núms. 8-9, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, enero 1970, págs. 3-19.
6. Florentino Briones. «Pintura sobre redes moduladas», en *Boletín* núm. 17, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, diciembre 1971, págs. 5-7, y núm. 18, marzo 1972, págs. 3-12.
7. Florentino Briones y M. Sánchez Marcos. «Sobre los giros que transforman una figura plana en sí misma», en *Boletín* núm. 21, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, diciembre 1972, págs. 25-27.

TABLA 1

	LUMIN.	PESO	TEMP.	ALEGR	MONT.	CAM-	PUEBLO	CIELO	
blanco	10 . 00	0 .	0 .	8 . 00	0 .	1 . 00	7 . 00	5 . 00	WHITE
gris claro	6 . 60	3 . 30	0 .	3 . 00	6 . 00	3 . 00	7 . 00	0 .	GREY1
gris oscuro	3 . 30	6 . 60	0 .	0 .	4 . 00	3 . 00	7 . 00	0 .	GREY2
negro	0 .	10 . 00	0 .	0 .	2 . 00	5 . 00	6 . 00	0 .	BLACK
amarillo	10 . 00	1 . 00	3 . 00	10 . 00	-0 .	3 . 00	-0 .	-0 .	YELLW
azul claro	10 . 00	0 .	1 . 00	10 . 00	0 .	0 .	0 .	10 . 00	CLBLU
azul turquesa	8 . 00	4 . 00	1 . 00	10 . 00	0 .	0 .	0 .	7 . 00	TURQ.
rojo	7 . 00	4 . 00	9 . 00	10 . 00	0 .	-0 .	7 . 00	0 .	RED
verde claro	10 . 00	2 . 00	1 . 00	10 . 00	3 . 00	8 . 00	0 .	1 . 00	CLGRN
verde botella	3 . 00	8 . 00	1 . 00	2 . 00	3 . 00	8 . 00	0 .	0 .	BTGRN
verde esme-	7 . 00	6 . 00	1 . 00	8 . 00	3 . 00	8 . 00	-0 .	-0 .	EMGR
violeta	8 . 00	2 . 00	0 .	5 . 00	3 . 00	3 . 00	1 . 00	2 . 00	VIOLT
siena	5 . 00	5 . 00	2 . 00	4 . 00	8 . 00	8 . 00	7 . 00	0 .	SIENA
marrón	1 . 00	9 . 00	6 . 00	1 . 00	8 . 00	8 . 00	7 . 00	0 .	BROW

TABLA 2

media	7 . 00 6 . 00	4 . 00 6 . 00	3 . 00 6 . 00	8 . 00 6 . 00	6 . 00 8 . 00	7 . 00 10 . 00	4 . 00 8 . 00	5 . 00 10 . 00
centro horizontal	4 . 00 9 . 00	8 . 00 6 . 00	6 . 00 7 . 00	5 . 00 8 . 00	5 . 00 8 . 00	9 . 00 10 . 00	7 . 00 8 . 00	3 . 00 10 . 00
centro vertical	6 . 00 9 . 00	12 . 00 6 . 00	13 . 00 7 . 00	7 . 00 8 . 00	13 . 00 8 . 00	6 . 00 10 . 00	14 . 00 8 . 00	6 . 00 10 . 00
concentración	5 . 00 7 . 00	7 . 00 5 . 00	5 . 00 5 . 00	5 . 00 3 . 00	5 . 00 8 . 00	7 . 00 8 . 00	7 . 00 10 . 00	10 . 00 10 . 00

TABLA 3

CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	YELLW	YELLW	VIOLT	VIOLT	GREY2	GREY2
CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	YELLW	RED	GREY2	GREY2	GREY2
CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	YELLW	VIOLT	RED	GREY2	GREY2	GREY2
CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	YELLW	YELLW	YELLW	GREY2	GREY2	GREY2	GREY2
CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLGRN	CLGRN	YELLW	YELLW	RED	BLACK	BROWN	BLACK	BLACK
YELLW	CLBLU	CLBLU	CLBLU	YELLW	YELLW	YELLW	YELLW	YELLW	EMGRN	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BLACK
YELLW	YELLW	YELLW	YELLW	YELLW	YELLW	CLGRN	CLGRN	EMGRN	BTGRN	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BLACK
YELLW	YELLW	YELLW	CLGRN	CLGRN	CLGRN	CLGRN	EMGRN	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BLACK	BLACK
CLGRN	CLGRN	YELLW	YELLW	CLGRN	CLGRN	EMGRN	BTGRN	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BLACK
BTGRN	BTGRN	BTGRN	BTGRN	BTGRN	SIENA	SIENA	BLACK	BROWN	BLACK	BROWN	BLACK	BLACK	BLACK	BLACK

TABLA 4

CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	TURQ.	YELLOW	VIOLT	GREY2	GREY2	GREY2
CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	TURQ.	TURQ.	RED	GREY2	GREY2	GREY2
CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	TURQ.	TURQ.	YELLOW	GREY2	GREY2	BLACK
CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	TURQ.	YELLOW	GREY2	GREY2	BLACK	BLACK
CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	CLBLU	YELLOW	YELLOW	RED	RED	BROWN	BLACK	BLACK	BLACK
YELLOW	CLBLU	CLBLU	CLBLU	YELLOW	YELLOW	CLGRN	CLGRN	YELLOW	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BLACK	BLACK
YELLOW	YELLOW	YELLOW	CLGRN	YELLOW	YELLOW	CLGRN	CLGRN	EMGRN	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BLACK
VIOLT	CLGRN	CLGRN	CLGRN	CLGRN	CLGRN	CLGRN	SIENA	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BLACK
CLGRN	YELLOW	CLGRN	CLGRN	CLGRN	CLGRN	EMGRN	BTGRN	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BROWN	BLACK
BTGRN	BTGRN	BTGRN	BTGRN	BTGRN	BTGRN	BLACK	BROWN	BTGRN	BROWN	BROWN	BLACK	BLACK	BLACK	BLACK

7.1.3. Ernesto García Camarero. «Generación automática de formas plásticas» (*Ordenadores en el arte*, CCUM, 1969, págs. 1-3).

Cuando iniciamos la organización de la serie de seminarios que se han venido desarrollando en este Centro de Cálculo durante su primer año de existencia, nos movía fundamentalmente el interés de encontrar nuevos campos de aplicabilidad de los ordenadores automáticos y de tratar de definir en qué podía consistir esta aplicación. Con esta motivación general fuimos llegando a campos en que nuestro interés coincidía con el de otras personas más preocupadas por el problema a resolver que por su metodología, pero que tenían el convencimiento de que los procedimientos automáticos les serían una ayuda eficaz.

En este sentido, se formaron grupos aglutinados por los nombres de «Lingüística matemática» (un intento de formalización semántica), «Composición de espacios arquitectónicos» (pretensión de automatizar el proyecto en arquitectura) y «Generación de formas plásticas», en los que los principales impulsores fueron V. Sánchez de Zavala, J. Seguí de la Riva y M. Barbadillo, respectivamente. Aunque a lo largo de su desarrollo se ha ido comprobando la íntima relación entre estos tres seminarios, ya que en todos ellos lo que se buscaba era una significación (lingüística, arquitectónica o plástica), nos dedicaremos en las presentes líneas a descubrir los objetivos y resultados parciales del último de ellos.

La preocupación de Barbadillo de utilizar el ordenador para analizar y componer su obra quedó manifiesta en la solicitud de una beca de las convocadas por este Centro, y posteriormente expresada en un coloquio fin de curso de programación. Nos pareció que las ideas de Barbadillo eran relativamente fáciles de tratar automáticamente, dado que su obra consistía en acoplar unos módulos de tal forma que a él le resultase subjetivamente satisfactoria. El problema era realmente combinatorio y se trataba de seleccionar, entre todas las posibles combinaciones, sólo aquellas que eran de interés del artista. Nos pareció que la actual lingüística podía salir en su ayuda. Su alfabeto era reducido, compuesto por unos pocos módulos. Sus frases (cuadros) constaban de dieciséis módulos. Se trataba, pues, de encontrar el subconjunto de los cuadros de su interés, es decir, su estética. Este subconjunto debería estar definido por unas reglas formales que constituirían su sintaxis y debería responder a ciertos significados y contenidos estéticos y emocionales. En la búsqueda de las reglas sintácticas podía ayudar inmediatamente el ordenador. Para ello parecía preciso fijar más claramente qué obras pertenecían a su estética y qué obras estaban fuera. En principio parecía razonable generar todas las posibilidades y que por observación del artista se distribuyeran en dos clases: las aceptadas y las rechazadas. Después, ver qué reglas formales guiaban esta selección subjetiva. La intuición del artista dio ya algunas reglas que aminoraron el trabajo y se generaron sólo aquellas que respondían a su criterio. En esta clase quedó incluida toda la obra ya realizada con anterioridad por él, y se generaron algunas nuevas que respondían ampliamente a sus intereses. No hemos avanzado demasiado en la formulación de las reglas sintácticas, pero una cosa

quedó clara: el lenguaje plástico es bidimensional y para su formalización se tiene que partir de dos operaciones de concatenación, a diferencia del lenguaje literario en el que sus cadenas son unidimensionales. Esta multidimensionalidad también parece necesaria para expresar los espacios arquitectónicos y, como ya manifestamos a Enrique de la Hoz en conversaciones mantenidas en este Centro, su utilización facilitaría el proyecto en la arquitectura combinatoria o modular, como va quedando patente en el seminario de «Composición de espacios arquitectónicos», a que aludimos más arriba.

Para el estudio de la semántica plástica era necesario echar mano de recursos externos a la formalización sintáctica. En este sentido, las ideas aportadas al seminario por Seguí de la Riva, por De la Prada Poole y por Yturralde vienen a esbozar el camino de estudio de los contenidos plásticos de una obra pictórica. Son considerados los aspectos psicológicos de la forma y el color de acuerdo a simbologías profundas, las connotaciones culturales del artista generador como del espectador, las implicaciones sociológicas de las formas y de las técnicas artísticas. La percepción sensorial física, fisiológica y psicológica son también tenidas en cuenta. Todo esto ha sido propuesto durante el presente curso a título de hipótesis de trabajo; para la unificación de estas hipótesis y para su cuantificación se están diseñando experimentos para desarrollarlas el próximo año, abarcando los aspectos de análisis (mucho más sencillo de realizar) y síntesis de las obras.

También el ordenador se ha mostrado de gran utilidad en la investigación sistemática de todas las «figuras imposibles» a las que de forma intuitiva venía dedicándose Yturralde. El ordenador ha generado y dibujado con *plotter* las figuras imposibles de tres, cuatro, cinco y seis vértices unidos mediante barras rígidas, de las cuales se ha podido elegir las que presentaban un mayor contraste perceptivo. De igual forma, la idea de Alexanco de utilizar una computadora para la escultura se ha mostrado altamente factible. Él introduce una figura inicial (mediante coordenadas, o por una matriz cúbica) y le aplica modificaciones en la forma haciendo variar los coeficientes de un polinomio interpolador o mediante matrices de transformación especiales y con las que se controla el tipo de deformación que se pretende. Luego, las posibilidades gráficas de un ordenador como son los giros, homotecias y secciones pueden servir al artista para proyectarlas sobre un plano y obtener formas pictóricas a partir de figuras tridimensionales.

Otras líneas de trabajo parecieron iniciarse siguiendo caminos más transitados, como es la generación de curvas utilizando el *plotter*. Sin embargo, el sinnúmero de ejemplos de «curvas artísticas» ya desarrolladas (véase como trivial ejemplo la colección de tarjetas editadas en el Palais de la Découverte de París, en las que aparece una gran variedad de curvas) y la ausencia de intención plástica en su generación, nos convencieron de la poca utilidad de tales figuras, que sólo nos dan formas curiosas o agradables, pero a nuestro juicio no plásticas. Es necesaria la sensibilidad de un pintor como Sempere para convertir unas curvas inertes en obra pictórica, como ocurre en la más clásica pintura de paisajes y bodegones.

En resumen, la pretensión del grupo que participa en el seminario de Generación automática de formas plásticas, formado por un interés científico-artístico y no por un afán snob y elitista con vistas a la mercantilización, es formalizar en lo posible la descripción objetiva de la obra y analizar su semántica. Hasta el presente los resultados son escasos, no se nos oculta la dificultad de la tarea y somos conscientes de que no todo es automatizable. Ahí están los teoremas limitadores de Gödel y Church. Pero de lo que estamos seguros es de que en los actuales métodos existen gran número de procesos mecánicos, de automatismos, que enredan a la libertad de creación dificultándola hasta hacer a veces desistir de la línea de pensamiento tomada. En este punto es donde creemos que el ordenador es una gran herramienta que nos viene al auxilio, ya que no pretendemos reducir toda actividad intelectual, científica o artística a puro mecanismo, pero sí desglosar esa actividad en un aspecto puramente creador de otro más bien mecánico, y de esta forma aumentar la capacidad creadora liberándola de la servidumbre condicionada por lo reiterativo y mecánico.

7.1.4. Ernesto García Camarero. Conferencia pronunciada en el CCUM, el 26 de junio de 1969, durante los actos de clausura del curso académico 1968-69¹.

Como clausura del seminario que hemos venido desarrollando durante este año sobre Generación de Formas Plásticas, habíamos pensado tener unas reuniones coloquiales, en las que unas personas vamos a exponer comunicaciones muy breves, mediante las cuales queremos dar un motivo de discusión para que, de forma colectiva, todos los asistentes puedan aportar ideas.

Desde la creación del Centro de Cálculo nos pareció de importancia estudiar temas particulares, que tradicionalmente no eran (al menos con amplitud) tratados con ordenador. Entre los distintos temas que habíamos ido sugiriendo, y sobre todo con colaboración y con participación de personas de diversos campos, se formaron cuatro o cinco seminarios. De ellos hay tres que están íntimamente vinculados, que son: éste de Generación de formas plásticas, otro sobre Lingüística y un tercero sobre Proyectos en arquitectura. Ha habido otros seminarios, pero que para la cosa específica de hoy no interesa reseñar. Entre estos tres seminarios había un aspecto común que es importante: la presencia de un lenguaje para transmitir determinado tipo de conocimiento; así, transmitir mensajes plásticos a través de obras sobre todo pictóricas; transmitir un mensaje arquitectónico, o más bien describir mediante un lenguaje preciso determinados espacios arquitectónicos; por último, lo propiamente lingüístico: estudiar de forma objetiva y de forma sistemática los procesos del lenguaje. Vinculo estos tres seminarios porque creo que realmente el trabajo desarrollado en cada uno de ellos ha dado luz hacia los otros en su marcha.

Concretándonos en el seminario de Generación de Formas Plásticas, nos hemos encontrado desde el principio (y creemos que todavía estamos en el principio, ya que unos meses de trabajo realmente es algo muy escaso como para obtener resultados) con dos tipos de crítica: por una parte, los artistas participantes con la crítica de aquellos artistas que piensan que la utilización de aparatos automáticos y de métodos científicos desnaturalizan el arte, planteando el problema de discusión de si el ordenador va a incidir incluso en un terreno tan sutil como puede ser la creación artística.

Por el otro lado, la crítica en el terreno científico, ya que trabajar científicamente con el arte no parece una cosa seria desde el punto de vista científico. En general, el científico piensa que el arte no es un problema científico y por lo tanto dedicarse a él usando métodos científicos es un diletantismo que no se justifica dentro de la ciencia.

Con este doble frente, hemos tenido que ir desarrollando y justificando que el trabajo común de artistas y científicos puede ser fructífero para desarrollar las ideas y para obtener un proceso más claro, más racional en la creación artística. En este sentido, creemos que el arte es un lenguaje, como decíamos antes, que transmite mensajes desde niveles inconscientes, es decir, que así como los lenguajes científicos transmiten mensajes racionales controlados por unas reglas lógicas, en la creación artística lo que se transmite son informaciones.

Lo que decíamos es que surgen de niveles inconscientes y se transmiten a niveles conscientes, sensoriales, mensajes de contenido emocional. Pero el hecho de que los mensajes vengan del inconsciente no impide el buscar reglas que regulen su generación, es decir, la sintaxis de un lenguaje gráfico, así como buscar cierta regularidad en la semántica o en la significación de estos mensajes. Además, creemos que hacer emerger estas reglas del inconsciente a niveles más conscientes, es una cosa que no va a desvirtuar para nada los mensajes emotivos que se transmiten mediante el arte, sino que esta transmisión va a ser hecha con consciencia, va a ser regulable y se va a permitir un mejor manejo de esta metodología. No solamente esperar la pura intuición, que en definitiva es la casualidad, sino poder, en un momento determinado, transmitir lo que en efecto uno quiere transmitir. En alguna medida comparábamos esto con el psicoanálisis, cuya tarea es pasar vivencias que están en el inconsciente a niveles

¹ El texto de esta conferencia se publicó originalmente en italiano con el título «Seminario sulla generazione delle forme plastiche», en *D'ARS*, núms. 46-47, Milán, julio-noviembre 1969, págs. 40-45

más conscientes para poderlas controlar. En este sentido, creemos que una metodología análoga se podría utilizar en la búsqueda de la semántica artística.

Si planteamos en alguna medida el arte como un lenguaje (sobre todo el arte plástico), tenemos que desglosar los dos niveles: el sintáctico y el semántico. Precisamente esta disyuntiva, que no la presentamos como disyuntiva sino como integración de dos aspectos, la hemos planteado durante el seminario para orientar nuestro trabajo. En el sentido sintáctico, la obra de Barbadillo nos ha servido en cuanto que es relativamente sencilla. Como trabaja con módulos, cada módulo puede ser una letra del alfabeto de un lenguaje; la agrupación de distintos módulos pueden formar frases de este lenguaje, algunas aceptadas y otras rechazadas por el susodicho lenguaje. Con frases aceptadas se pueden buscar reglas para formar estas frases, lo que en definitiva nos daría una gramática generativa de la obra pictórica en el caso modular de Barbadillo. Evidentemente, en otra obra más compleja, encontrar este tipo de construcción es notablemente más difícil. A lo mejor no es posible en otro tipo de obras, por lo que nos hemos limitado en esta primera fase a aquellos campos en que vemos que es factible. De todas formas, desde el punto de vista lingüístico, presenta una novedad respecto a la lingüística «literaria», en cuanto que en los lenguajes naturales las cadenas de los mensajes que se transmiten son lineales, van unas letras detrás de otras, unas palabras detrás de otras, mientras que en el lenguaje pictórico tenemos que estas cadenas son, al menos, bidimensionales; por eso las reglas generativas tienen que tener alguna peculiaridad que las diferencie de las reglas generativas en la lingüística «literaria».

El otro aspecto del seminario era encontrar (supuesto que ya se habían encontrado unas reglas generativas sintácticas) alguna forma de determinar los significados de una obra ya construida de acuerdo con una sintaxis. En este sentido, hay un grupo de personas más directamente interesadas en estudiar los significados que puedan tener a través de sus simbologías más o menos profundas, los aspectos de percepción y psicológicos, cómo las distintas formas pueden tener unos significados peculiares. Evidentemente, para estudiar esta simbología gráfica hay que tener no solamente en cuenta la psicología y la percepción, sino también la cultura y la sociología en la cual una obra determinada se da.

Hay otros intentos de utilizar el ordenador para formar figuras, por ejemplo dándose algunas ecuaciones matemáticas, cuyos gráficos se pueden sacar con ordenador. Esto también permite al artista encontrar determinadas formas nuevas; con esto conseguiríamos una especie de paisaje nuevo para la contemplación del artista, y ver si en él halla formas que le puedan interesar. Este camino en principio ha interesado menos, pero evidentemente es un campo a trabajar.

También se han hecho experiencias con las figuras imposibles de Yturalde; para evitar generar a mano las figuras que se van ocurriendo y comprobar si son posibles o imposibles, el ordenador ayuda a obtener de una vez todas las figuras imposibles. Entonces el pintor solamente mira si en ellas hay algunas que le puedan interesar o le sirvan para expresar algo. ¿En qué ayuda en este sentido el ordenador? Ayuda en cuanto a la realización de bocetos rápidos en gran escala, entre los que el artista elige aquellos que presenten algún interés. A mi modo de ver esta ayuda del ordenador es menor, aunque no despreciable, ya que sólo actúa como un diligente artesano que nos permite tener la seguridad de haber formado todas las figuras imposibles, tardando aproximadamente para su realización una hora. En cambio, con los métodos tradicionales se hubiera tardado varios meses, o posiblemente no se hubiera hecho nunca. La facilidad de generación de toda la serie también permite agotar líneas de investigación y la búsqueda de nuevos caminos.

Para el estudio de la generación de formas plásticas, también creemos que el análisis de obras de artistas consagrados puede darnos algunas relaciones formales que podamos utilizar. En este sentido, estamos realizando en la actualidad el análisis de la obra «rectangular» de Mondrian, y continuaremos con la de otros pintores cuyo análisis cuantitativo sea sencillo.

7.1.5. Ernesto García Camarero. «L'art cybernétique» (Texto para el catálogo de la muestra *Art et ordinateur*, Burdeos, 1973)¹.

El arte puede ser considerado como un medio de comunicación entre las personas en el que los valores semánticos no se expresan fácilmente en un código preestablecido.

El arte puede ser considerado como aquella cultura que permite una mayor permeabilidad entre los hombres, una mayor comprensión de los problemas entre ellos, una atenuación de las preocupaciones derivadas de la propia supervivencia. El arte puede ser considerado como un factor de liberación y de comprensión global de los problemas sociales e históricos en los que está inmerso el hombre.

El arte puede ser considerado como una zambullida liberadora en los estratos profundos del psiquismo humano, que permite romper las trabas y los lastres personales que se han mantenido en el transcurso de los siglos.

El arte puede ser considerado como vehículo de comprensión universal, bosque, mar de encuentros, vibración del flujo humano. El arte puede ser considerado...

La técnica —la materia, la energía, la información organizadas—, expresada en ruedas y engranajes, estructuras tubulares, cables, fórmulas, fuerza, se ha producido en el curso de la historia para salvarse el hombre de la maldición bíblica: «Ganarás el pan con el sudor de tu frente». La técnica permite la ubicuidad, la intemporalidad, la alta energía, la súbita delicadeza; la técnica restituye dignidad al hombre liberándolo de la servidumbre que significa el trabajo físico, cuando él está dotado para realizar elevadas tareas espirituales e intelectuales. La técnica permite la desaparición de la pobreza con su fabulosa capacidad de superproducción; la desaparición de las enfermedades, la prolongación de la vida, la desaparición de las condiciones antihigiénicas del entorno y las ciudades. La técnica permite la difusión de la cultura, la integración en el conocimiento, la participación en éste de toda la humanidad. La técnica permite...

Pero el sentido de la técnica se ha invertido con el mayor cinismo y ambigüedad que jamás haya conocido la historia. Por causa de la técnica se han originado tantos muertos en nuestro siglo, que el número de vidas salvadas a causa de ella resulta insignificante. La técnica ha convertido la actividad productiva del hombre en pieza maestra de una supermáquina, sin que ello haya supuesto un avance proporcional en tiempo libre o en mejoramiento de las condiciones económicas. La técnica produce un desequilibrio ecológico que pone en peligro la conservación de especies enteras, que puede ser desastroso para la producción de alimentos, que puede acarrear calamidades y epidemias.

La técnica produce condiciones de hábitat insoportables en las ciudades polucionadas, superpobladas, congestionadas, en las que la vida alcanza niveles mínimos de calidad.

Ha sido esta lógica la que ha hecho que dejemos de tener confianza en el desarrollo técnico. El arte actual es principalmente un arte de grupo, de elite, de clase. Es un instrumento más de la dominación de una clase por otra. El arte facilita la alienación, la atomización y la desconexión de los problemas. El arte, con su falsa sublimación, distrae y oculta los motivos de los enormes problemas que sufre la humanidad. El arte, en el mejor de los casos, es simplemente un elemento decorativo de la burguesía o el sosiego de su conciencia. Por eso, en el formalismo-informalismo del arte predomina la fría sintaxis frente a la cualidad semántica que puede significar un compromiso. Por eso, asistimos a la sustitución del arte popular por un arte de masas en el que se reemplaza la libre expresión de los hombres por la aceptación de modos impuestos. Ante la tensión de la contradicción arte-antiarte, técnica-antitécnica, nos preguntamos si es posible la conjunción arte-técnica.

En estos últimos años, se ha dado en llamar arte cibernético a la mayor parte de las tentativas de conjugar el arte con la técnica.

La algoritmización de la creatividad puede ser percibida como la búsqueda de un imposible.

¹ La traducción del francés es nuestra.

Pero ante la rareza de resultados de una cierta envergadura, según se ha podido constatar en las diferentes exposiciones realizadas en la última década, no podemos por menos de considerar que el problema no ha sido abordado en sus justos términos y que ha sido deformado por un arte muerto de museo donde el artista se empeña por asignar al ordenador propiedades mágicas y por promover su nombre en la bolsa del arte, más que la búsqueda de formas artísticas por los nuevos canales de intercomunicación que representa el ordenador.

¿Hará falta todavía mucho tiempo para que el arte cibernético deje de ser un juego frívolo, ultraformalista, tal y como vemos en la actualidad? No sé si hará falta mucho tiempo, pero serán necesarios importantes cambios estructurales para que el arte cibernético sea el vehículo con el que se alcancen las demandas de creatividad y de iniciativa de todos los hombres.

7.2. Documentos y escritos de los artistas.

7.2.1. José Luis Alexanco. «Posibilidades y necesidad de un análisis de un proceso intuitivo» (*Ordenadores en el arte*. CCUM, 1969, págs. 24-33).

Sintetización de un proceso

La continua transformación del contenido artístico determina la necesidad de cambios de forma. Los cambios de forma condicionan a su vez el contenido y sus estructuras básicas.

De que la evolución de la relación forma-contenido responda a las necesidades de una realidad histórica depende la eficacia del Arte como lenguaje, y de su capacidad de «comunicar», la posible transformación del futuro de esa realidad histórica^(*).

Un replanteamiento de la estructura semántica en la plástica, partiendo de la construcción de un «alfabeto» —sistema de signos—, es el trabajo que me ocupa desde 1965, fecha en que partiendo de formas expresionistas comienzo un proceso de síntesis y análisis, pretendiendo llegar a unidades elementales —elementos mínimos— susceptibles de ordenación para dar lugar a frases capaces de comunicar determinadas historias.

En este proceso de sintetización de formas y contenidos hasta llegar a la reducción de las «unidades expresivas» más elementales, destaca como problema más importante la objetivación progresiva del «potencial comunicable» que en un principio contenían las formas expresionistas. Dichas «unidades elementales» —módulos— situadas sobre un espacio estructurado han ido evolucionando, dando lugar en cada momento de su evolución a agrupaciones —frases— capaces de alterar su significado al alterar su orden. Su significado plástico dependería de la relación de unas unidades con otras, de su ordenación, número de elementos agrupados, color de cada elemento (ya que la percepción visual puede alterar una forma en función del color), etc.

Por medio del análisis del proceso de desarrollo y posible ordenación de estas unidades elementales, se podría llegar a la sintetización de un alfabeto de formas situadas en el espacio, que diera lugar a ordenaciones en el tiempo. Es decir, considerando un «trabajo» como una serie originada por uno de los elementos de este «sistema de signos» prorrogable hasta el infinito, podría en cada momento cambiar de significado al cambiar su orden, dando lugar a una obra abierta, prorrogable siguiendo la ley de cada ordenación, y prolongable por cada uno de sus límites. También dentro de cada ordenación podrían ser aislados un número *n* de elementos (generalmente considero que cuatro son suficientes para señalar la ley) que tendrían significados distintos según el momento de la conformación en que se hallasen. Cada elemento de este «sistema de signos» capaz de originar una serie ordenable, ha ido evolucionando con el tiempo y objetivando cada vez más su forma exterior y su contenido.

En el estadio en que se encuentra esta obra continua capaz de cambiar su significado con la intervención del espectador, considero preciso someter cada uno de los elementos que la

^(*) El nivel a que se opera esa transformación, así como la naturaleza de lo que comunican las artes plásticas, son temas que se salen de la intención del presente estudio.

componen a un proceso más avanzado de racionalización, tratamiento previo para conseguir una evolución objetiva y, como consecuencia, un lenguaje más exacto.

El movimiento preside desde el principio de este proceso el desarrollo de todos mis trabajos. Yo lo considero e intento emplearlo como un desplazamiento o cambio de algo — forma, idea, movimiento— en cierto sentido o dimensión —espacio, tiempo—. El mismo movimiento debe evolucionar en un estado continuo de dinamismo. Todos los factores integrantes del estado de equilibrio que hace una obra de arte eficaz, son variables y sustituibles —progresiva transformación de un proceso evolutivo, cambiando a medida que cambia el objeto de su movimiento—. En el desarrollo práctico de esta idea he tipificado el movimiento en una figura humana en actitud de cambio de posturas con sucesivas repeticiones y ciertas variantes.

Actualmente está contenida en un espacio limitado por unas coordenadas reales o insinuadas, sirviendo las líneas o planos de referencias para apreciar el cambio.

Concreción

Los recién empezados trabajos con el ordenador que a continuación explico, forman parte de la búsqueda de esa evolución objetiva de que hablaba algunos párrafos atrás.

Para la iniciación del trabajo hemos elegido la última fase de la evolución del módulo, pero considerándolo completo, sin cortar por planos.

Se pretende de momento continuar la evolución de dicho módulo de una forma más racional, lo que se puede lograr por varios procedimientos distintos, a través de una serie de fases diferentes:

- A. Los procedimientos que abordamos son los siguientes: utilizando como datos las coordenadas de un cierto número de puntos situados sobre las curvas de nivel del módulo (hemos tomado 14 curvas) podemos, prescindiendo de los puntos pertenecientes a algunas de ellas (por ejemplo, a las 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14), reconstruirlas por interpolación de las que se tomaron como base (las 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13), obteniendo así 7 nuevas curvas de nivel que hemos llamado «sintéticas». A continuación, sustituyendo en el programa estos resultados por los anteriores datos, podríamos obtener también las curvas de nivel sintéticas de las 1, 3, 5, 7, etc., consiguiendo así la totalidad de ellas.

El resultado reconstruido en tres dimensiones sería parecido al módulo inicial, pero con toda su superficie curva más suavizada. El proceso se volvería a repetir, partiendo ya de las curvas sintéticas 2, 4, 6, ..., hasta el final, en el que obtendríamos probablemente un cono inclinado, ya que también se han utilizado dos curvas imaginarias, la 0 y la 15, que son respectivamente una circunferencia y un punto, obtenidas por ajuste de las curvas 1 y 14.

En lugar de obtener como *output* todos los resultados intermedios, haremos que se escriban los resultados tras n interpolaciones ($n = 10, 50, 100, \dots$), observándose así el proceso completo de deformación sistemática de la forma dada

- B. Otro camino para conseguir una deformación sistemática sería por el ajuste de la superficie mediante polinomios de grado K , y modificación de sus coeficientes.
- C. Una tercera manera de estudiar las deformaciones del módulo, sería definiendo éste mediante una matriz cúbica, que se sometería a transformaciones dadas por otras matrices de estructura particular.

Partiendo de los resultados obtenidos en cualquier momento del proceso se podría: 1.— Cortar la nueva figura por un paralelepípedo de lado 1; 2.— Someterla a tantos giros como variaciones queramos obtener del mismo resultado; 3.— Ampliarla o disminuirla mediante una homotecia, dejando el paralelepípedo constante.

7.2.2. José Luis Alexanco. «Procedimientos para la transformación o deformación de una forma dada» (en *Trabajos sobre generación automática de formas 1968-1973*. Edición del autor, 1973).

Después de los primeros tanteos con pequeños programas independientes que generaban algunos tipos de deformaciones descritos en páginas anteriores, se observó y se llegó a la conclusión de la necesidad de crear una estructura evolutiva abierta que controlara las posibilidades de transformación de cualquier forma no geométrica (superficies curvas cerradas) inscrita en una retícula tridimensional.

El programa se perfilaba, partiendo de esta idea, como una parte principal conteniendo esta estructura y los mecanismos de conexión y encadenamiento de un número indeterminado de subprogramas que generaban los diferentes tipos de transformaciones, estos mismos subprogramas y una serie de rutinas auxiliares.

Así, el programa principal quedaba abierto para la inclusión posterior de cualquier nueva idea de modificación, sin hacer variaciones en el mismo, sino simplemente añadiendo las rutinas necesarias.

Al elegir los tipos de transformación o deformación se tuvo en cuenta que, siendo la idea más importante obtener la evolución de una forma dada, carecía de interés entretenerse en conseguir o en buscar que las modificaciones obtenidas respondieran como resultado plástico a los mismos criterios, digamos «estéticos», con que fue creada la forma tomada como principio del proceso.

El que esta forma tridimensional (escultura) fuese el final o el último eslabón de un proceso anterior (hasta 1968), y el hecho de utilizar un ordenador (herramienta de cálculo rápido), hacía disminuir para mí el interés en mantener ciertos criterios formales y en buscar un resultado acabado en cada modificación; en considerar como obra una materialización de un momento del proceso, en concederle valor «estético» al fragmento de una idea, y, por consecuencia, aumentaba el interés en el proceso completo (con número ilimitado de elementos), considerando éste como la verdadera obra.

Considerado esto, y teniendo en cuenta que las distintas modificaciones son encadenables, carecía de sentido que dichas modificaciones produjeran resultados excesivamente alejados del punto de partida, puesto que la posibilidad de complicación la proporciona la misma estructura. Se eligieron de momento cinco de tipo cuasi-matemático que hacen perfectamente controlable todo el proceso.

Desde la creación del modelo tomado como punto de partida hasta el presente, se pueden diferenciar tres etapas que completarán este proceso, y, por tanto, esta obra.

La primera es una etapa de tanteos y ensayos, con pequeños programas para terminal de impresora independientes entre sí, que permitieron calibrar las posibilidades o lo adecuado de la utilización del ordenador para la generación de esta obra determinada. Se comprobaron, con la fabricación de cuatro modificaciones calculadas manualmente, las posibilidades y el interés de la forma elegida, y, simultáneamente, la imposibilidad (temporal) de calcular manualmente todo el proceso (ya dijo Christopher Alexander que todo lo que es capaz de hacer un computador lo puede hacer también un ejército de técnicos y delineantes + tiempo), o por lo menos de la inutilidad o falta de sentido de invertir años y dinero en un trabajo de esta naturaleza.

La segunda etapa, constatado lo anterior, comprende la creación del programa completo, con la variación de la utilización de un trazador de curvas o *plotter* en lugar de la impresora. El trazador de curvas es capaz de dibujar los resultados con una precisión que, en función de nuestras necesidades, puede considerarse perfecta, mientras que el terminal de impresora exigía una manipulación posterior del resultado. Este programa, capaz de trabajar durante un tiempo ilimitado según los datos que se le suministren, produce unos resultados fácilmente reconstruibles en tres dimensiones.

La tercera etapa consiste en el mismo programa adaptado para obtener los resultados sobre un terminal de pantalla de rayos catódicos. En este caso, el resultado es un movimiento continuo de la forma tridimensional según las modificaciones a que va siendo sometida, y se presenta como un film de duración ilimitada. Ciertos datos, elección de tipos de transforma-

ción y parámetros, pueden ser variados o introducidos durante el proceso del programa, obteniendo sobre la pantalla respuesta prácticamente inmediata. La utilización de este terminal permite una mayor agilidad en la construcción del proceso, más profundidad en su análisis y hace innecesaria la reconstrucción en tres dimensiones (esculturas) de fragmentos del proceso, ya que pueden observarse, en una «simulación», un gran número de perspectivas desde cualquier punto de vista de estas esculturas antes de existir.

Esta última etapa acusa aún más la preponderancia del proceso-idea general sobre los resultados parciales.

En la segunda etapa, objeto principal de este libro, se han utilizado cinco subprogramas que modifican de manera diferente la forma inicial.

- A. Interpolaciones - Calcula por interpolación nuevas curvas de nivel a partir de la inferior y la superior de cada una de las anteriores, obteniendo una superficie curva algo más suavizada. Esta operación puede repetirse «n» veces, obteniendo deformaciones muy acusadas.
- B. Giros - Calcula nuevas modificaciones girando un determinado ángulo cada una de las veinte curvas de nivel que componen la forma inicial. Tanto la escala de incrementos de los ángulos de curva a curva, como el centro de giro, están determinados por ocho gráficos definidos por otras tantas ecuaciones. La elección, por parte del usuario, entre estos ocho «ejes» se hace al suministrar los datos al ordenador mediante una serie de parámetros.
- C. Dilataciones - Calcula las modificaciones multiplicando cada curva de nivel según una escala de coeficientes, determinada por la elección de ejes entre los mismos utilizados para giros. Esta dilatación puede ser tanto positiva como negativa, según sean los coeficientes, y los ejes sirven tanto para determinar el coeficiente a aplicar a cada una de las veinte curvas como el punto (exterior o interior de la curva) a partir del cual se hace la dilatación.
- D. Translaciones - Realiza una translación de las curvas, llevando el centro de gravedad de cada una a un nuevo lugar, determinado por el corte del eje elegido y el plano que contiene la curva.
- E. Transformaciones 1 - Construye, partiendo de las anteriores, nuevas curvas de nivel. La modificación de cada curva la hace por una translación en sentido radial de cada uno de los 128 puntos que forman cada curva para ajustarla a un fragmento de un gráfico formado de 200 puntos, incluido en el programa. La modificación de las 20 curvas se hará, pues, según la elección de los fragmentos del gráfico correspondientes a las curvas uno y veinte, haciendo el programa el cálculo correspondiente para las 18 curvas restantes.

De estos cinco tipos de modificaciones, dos de ellos, giros y translaciones, cambian la relación de cada curva con las demás, produciéndose una modificación de la superficie total. Los otros tres, interpolaciones, dilataciones y transformaciones, modifican además las propias curvas. Todos ellos tienen, con la elección por el usuario de los parámetros correspondientes, una cantidad ilimitada de posibilidades, que aumenta considerablemente al ser encadenables.

7.2.3. José Luis Alexanco. «El programa Mouvnt y su utilización» (en *Trabajos sobre generación automática de formas 1968-1973*. Edición del autor, 1973).

El programa MOUVNT, escrito en Fortran IV, para un sistema IBM 7090 / trazador de curvas CALCOMP, está pensado para admitir la posterior inclusión de cualquier nueva forma de modificación que pueda surgir. Según el organigrama general, consta de veintitrés subprogramas, de los cuales cinco son los que realizan realmente las transformaciones.

El primer subprograma en ser llamado es FACTOR, rutina de plotter, que determina la escala a que ha de ser reproducido el resultado. Si FACTOR es igual a 1, el dibujo saldrá a su tamaño real. Después se llama a JORDAN, que reduce en seis veces los valores del gráfico utilizado en TRANSFORMACION, que para mayor precisión, fueron tomados a escala 6:1.

Luego se llama a READY, que es la rutina de preparación de los datos para ser utilizados. Calcula los centros de gravedad de cada curva, traduce a coordenadas cartesianas los datos de los 128 puntos de cada curva, que fueron tomados en coordenadas polares, y calcula la posición absoluta de cada curva con respecto al origen de las coordenadas.

Una vez que todos los datos están preparados viene MOVES, que es la rutina que lee las instrucciones recibidas para la elección de los diferentes tipos de transformaciones y canaliza las órdenes a los correspondientes subprogramas, STORE rutina de almacenaje, GIROS, TRANSL, DILAT, INTERP y TRNS1 rutinas de transformación, y PLOTTER, rutina que realiza el dibujo con el auxilio de DIBUJO, DIB, COTAS, ORDEN, SECANT, SCIO, INSIDE y PLOT, que dibujan los recuadros que contienen las curvas, calculan las zonas de curva que se salen del cubo imaginario, así como diversos rótulos, perspectivas axonométricas de las figuras, etc.

Las rutinas de transformación GIROS, TRANSL y DILAT, llaman a su vez a PUNTO, NUMB e INT. PUNTO calcula el punto de corte del eje elegido con el plano de la curva, que es en unos casos centro de giro de esa curva, en otros lugar a que se traslada su centro de gravedad y en otros punto desde el que se produce una dilatación. NUMB e INTN calculan los ejes a partir de los parámetros que se le dan como datos.

Los datos que hay que suministrarle al programa son: primero veinte curvas de nivel separadas entre sí 7.9 mm. y referidas a un cubo de 150 x 150 x 150 mm. Cada curva irá definida por 128 puntos tomados en coordenadas polares con un origen cualquiera que se medirá en coordenadas cartesianas y referido al mismo cubo.

Queda, pues, totalmente definida la superficie completa por medio de 2560 puntos, que, al desplazarse en sentido radial sobre el plano horizontal que contenga el punto, producirá la nueva superficie modificada.

Las instrucciones para conseguir las modificaciones se darán según el formato de las páginas 118 y 119.

Para las INTERPOLACIONES basta poner tantas tarjetas como veces se quiera interpolar, realizándose éstas partiendo siempre de la última modificación.

GIROS necesita siempre dos tarjetas. La primera contiene: las coordenadas en la curva uno, la más inferior, del eje sobre el que se va a producir el giro, las coordenadas del mismo eje en la curva veinte, un número de 0 a 7 que corresponde a uno de los ocho ejes disponibles, tres parámetros que definen, en su caso, la curvatura precisa del eje.

La segunda tarjeta lleva: el ángulo de giro de la curva uno escrito en grados en sistema decimal. El ángulo de giro de la curva veinte. Un número de 0 a 7 correspondiente a uno de los ocho ejes, que en este caso definirían el incremento que correspondería a las curvas intermedias. Tres parámetros que precisarían la curvatura del eje, y, por tanto, la escala completa de incrementos.

DILATACIONES también necesita dos tarjetas. La primera corresponde exactamente a la de GIROS, y la segunda lleva: la dilatación que se quiere conseguir en la curva veinte. Un número de 0 a 7 para elegir el eje que determinará la escala de «VECES» que correspondería a las curvas intermedias. Tres parámetros que precisarían la curvatura de dicho eje, y, por tanto, la escala completa de incrementos en «veces» de las veinte curvas.

TRANSLACIÓN lleva una sola tarjeta con: las coordenadas del lugar a que se traslada el centro de gravedad de la curva uno. Coordenadas de lugar al que se traslada el centro de gravedad de la curva veinte. Un número de -7 a +7, que, si es negativo, origina un nuevo centro de gravedad, y si es positivo produce una translación del mismo, teniendo en cuenta que, para la elección del eje, se atiende únicamente a su valor absoluto (será el mismo tipo de eje +5 que -5, por ejemplo).

Tres parámetros igual que en GIRO y DILATACIONES

TRANSFORMACIÓN 1 con una sola tarjeta, que lleva: valor inicial y valor final, en centímetros, del fragmento de curva que determinará por ajuste la transformación de la curva uno. Valor inicial y valor final del fragmento de curva que determinará la transformación de la curva veinte. Tres parámetros, que en este caso deben ser 1, 1, 1.

Al final de cada combinación de x transformaciones, se pondrá la tarjeta DIBUJO, que es la que ordena la realización sobre el papel de la figura resultante.

Partiendo del resultado obtenido, dibujado a escala 1:1, que contiene las veinte curvas de nivel en planta y cuatro perspectivas axonométricas de la figura, la reconstrucción en tres dimensiones consiste simplemente en recortar sobre cualquier material que tenga 7.9 mm. de espesor (separación de las curvas) las curvas de nivel, pegarlas y pulir su superficie.

7.2.4. José Luis Alexanco. «Generación automática de “movimiento interminable” para terminal de rayos catódicos» (en *Trabajos sobre generación automática de formas 1968-1973*. Edición del autor, 1973).

La tercera etapa de este trabajo, antes descrita, utiliza como terminal para recibir el resultado una pantalla de rayos catódicos IBM 2250.

El programa «MOUVNT», con la necesaria adaptación de programación para este terminal, obtiene el resultado en forma de film en tiempo real formado por el movimiento generado al considerar sucesivamente el conjunto de transformaciones. Se consigue así un grado más alto de interacción hombre-máquina, al poder incidir directamente en el programa durante su proceso. La pantalla tiene tres mecanismos para introducción de datos y decidir ramificaciones del programa. Un teclado alfanumérico con el que se pueden ir variando parámetros, un teclado de funciones con el que se pueden ir eligiendo tipos de transformaciones y variando, al mismo tiempo que se observa, el orden de las rutinas, y una pluma electrónica con la que se pueden ordenar determinadas funciones previstas sobre la pantalla en forma de rótulos.

Esta última etapa, que, como ya dije anteriormente, acusa más la preponderancia de la obra-idea sobre la obra-objeto, se centra más en la propia capacidad de evolución de la estructura de la idea y tiende a la puesta en marcha de un sistema creacional en el que mi participación se limita a la estructura evolutiva, pero capaz de funcionar sin mi participación posterior.

Sus resultados posteriores, partiendo de la base de la validez del sistema, serán capaces de irse desarrollando según las influencias de su entorno y escaparán de su situación original, sin posibilidades de retorno.

7.2.5. Manuel Barbadillo. «Materia y vida» (*Ordenadores en el arte*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 17-23).

(Aunque las observaciones que se contienen en este escrito corresponden a un periodo en que la obra de Barbadillo consistía de experiencias con un solo módulo, el autor considera que en el momento actual —con su repertorio formal aumentado en tres módulos más— continúan teniendo vigencia. Por eso, aunque refundidas con un corto ensayo del mismo año (1966), que forma su primera parte, las publica en su forma original, con sólo algún leve retoque, destinado a expresar con más claridad algún concepto, y la transcripción, fuera de texto, de unas líneas que ilustran cierto aspecto de su obra).

I. Forma y Movimiento (la problemática actual del arte).

Yo no puedo comprender el arte si no es en relación con el fenómeno general de la cultura, y a ésta la entiendo como el empeño por comprender el mundo y por adecuar a sus leyes la organización de la vida. En este sentido, el arte está íntimamente ligado a la investigación y al pensamiento, como medios de ampliación del conocimiento de la realidad, y a la economía, la sociología y la política como instrumentos de adecuación de la vida a dicha realidad, así como al resto de las actividades humanas.

Bajo este punto de vista, la historia del arte occidental se me aparece como el análisis de la realidad a través de unos canales (intuición, sentimiento) distintos de la experimentación, que es el de la ciencia, pero que, a pesar de la diferencia de medios, se presentan como paralelos en sus resultados.

No debe interpretarse esto, sin embargo, en el sentido de que piense que arte y ciencia son en realidad la misma cosa. Hay una diferencia, y es que el arte, aunque colabore en el proceso de captación de la realidad, no tiene esto como su misión específica, que es más bien reflejar la vida. Y la vida está integrada tanto por la realidad objetiva como por la subjetiva, por la respuesta del hombre a la nueva realidad. Esto explica que mientras la profundización en la materia ha seguido un camino de objetivación ascendente, de progresiva sistematización, el arte, en cambio, ha evolucionado a tirones, y a lo largo de un proceso lleno de movimientos pendulares, con el énfasis unas veces en la Forma, lo objetivo, y otras en el Contenido, lo subjetivo, representando el subjetivismo la reacción de la Sociedad ante la abstracción de los Sistemas.

Los subjetivismos son siempre (por definición) insolidarios. Desconfían de la civilización, aman lo arcaico, lo exótico, lo irreal, y tienden a la destrucción de las formas, instrumentos colectivos de comunicación. Pero son, sin embargo, necesarios y beneficiosos. Aunque se trata de una reacción irracional, aportan un latido de sangre caliente, de vida, a los sistemas objetivos, que propenden a la deshumanización.

Al ocaso del existencialismo, su más reciente aparición, y al de su manifestación en pintura, el expresionismo aformal, asistimos en estos momentos. La revitalización que han venido experimentando últimamente las tendencias constructivas, en la línea abstracta, y la pintura de formas claras, en la figurativa, muestran que la vieja dialéctica continúa vigente. Pero, al mismo tiempo, la aparición de nuevos movimientos que, bien por medios mecánicos, bien a causa de la transformación que experimentan como consecuencia de efectos visuales, bien por otros medios, pretenden la dinamización de formas estáticas, evidencian que cuando el arte se dispone a dar un nuevo paso en la conquista formal, su nuevo impulso en realidad procede de la aportación del aformalismo.

Es sabido que el aformalismo propugnaba un arte de auto-expresión, rico en contenido humano, y que para lograrlo no debería dudar en destruir los valores estructurales de la obra. Es más, debería incluso procurarlo conscientemente, puesto que dichos valores representan la reflexión y, por lo tanto, aquello que interfiere con la continuidad entre la concepción (la emoción) y el acto de la ejecución. Ésta debería ser libre o inmediata, y el dinamismo el principal valor del cuadro. La nueva frontera del arte, pues, cuando se buscan de nuevo las formas, no es extraño que aparezca formulada como la conjugación de Forma y Movimiento.

En mi obra, que en la actualidad consiste en asociaciones modulares, en las que la forma es la medida que regula la organización, este planteamiento está en función de una síntesis entre movimiento y orden.

II. La problemática actual de mi obra; la Forma como representación de una trayectoria.

La búsqueda del orden ha dirigido la evolución de mi obra durante los últimos años, a lo largo de un proceso de creciente sistematización de sus elementos, hasta el empleo de una sola forma, que, repitiéndose en diferentes posiciones, modula la composición total.

[...] Al reducir [...] mis medios, me encontré con que la eliminación progresiva de los elementos subjetivos me conducía a composiciones «muertas», vacías, con más aspecto de diseño de artes aplicadas que de cuadros. Mi primera solución a esto fue jugar a capricho con los módulos [Fig. 5.3, pág. 138] para hacer vibrar la composición. De esta manera, más como ilusión o efecto óptico que como representación, hizo su introducción el problema del movimiento.

Esta solución, sin embargo, me dejó pronto insatisfecho, por resultarme inconsistente con el grado de objetivación que ya había alcanzado mi obra. Pero sirvió para confirmar en mi propia experiencia algo que es sabido desde las investigaciones de la *action painting*: que en una obra abstracta, el dinamismo es el verdadero determinante del «contenido» (en realidad, mi opinión es que también en la figurativa el contenido está más en función directa de sus ritmos que de la anécdota representada).

Mi próximo objetivo fue dotar a la obra de dinamismo sin detrimento de su coordinación; de ser posible, con composiciones totalmente sistematizadas. Así di con el módulo con que experimento en la actualidad [Fig. 5.5 a, pág. 139].

Resultado de estas experiencias son las observaciones siguientes:

- A. A pesar de las limitaciones de la invención formal que impone la adopción de un módulo, la libertad de elección entre las posibles combinaciones es ilimitada, puesto que el número de éstas es prácticamente infinito. El módulo va en una cuadrícula y tiene cuatro posiciones; así pues, no es necesario estructurar el cuadro con muchas cuadrículas para que las posibilidades sean ya del orden de millones. (De hecho —aunque la elección es subjetiva— sólo un pequeño porcentaje resultaría adecuado, a juzgar por el número de pruebas que he de hacer para cada una que me satisface. Pero esto significa que la búsqueda sería laboriosa, no que la elección esté limitada, ya que un tanto por ciento de infinito, por pequeño que sea, es también infinito).
- B. Como los módulos se conectan unos con otros con continuidad, la agrupación de varios de ellos da origen a una unidad formal mayor, que es susceptible de ser tomada, a su vez, como módulo de composiciones mayores; así sucesivamente.
- C. De acuerdo con lo anterior, he estado experimentando con cuadros ejecutados en partes, que, pudiendo colocarse cada una en varias posiciones, originan composiciones distintas^(*). Esto hace posible uno de los objetivos más buscados por el arte en una época eminentemente social como la nuestra: el acceso de la colectividad no sólo a la posibilidad de valoración, sino a la de elección y hasta de creación de la obra. (La pintura, habiendo encontrado la abstracción sólo recientemente, ha carecido de esa otra posibilidad de creación que, dentro del esquema establecido por el compositor, supone en música la interpretación. Es cierto que esta posibilidad estaría condicionada al esquema previo, pero debe tenerse en cuenta que la mayor objetivación de este esquema se traduce en un aumento de las posibilidades subjetivas de interpretación, que puede llegar a superar en importancia a la composición, como parecen mostrar las experiencias modernas en el campo de la música).
- D. La búsqueda de nuevas asociaciones me descubrió que estructurando los módulos en determinadas posiciones, y haciendo intervenir módulos negativos, gran parte del espacio muerto se animaba, integrándose con estos y convirtiéndose en forma complementaria. Esto enlaza con la intuición del Constructivismo, que más que con forma y espacio operaba con zonas de color interrelacionado. No he logrado todavía convertir por completo el espacio en forma complementaria, pero estoy convencido de que la exploración de nuevas combinaciones, o el perfeccionamiento del módulo, o un nuevo diseño, lo producirá.
- E. A medida que las asociaciones de módulos se hacen más complejas, el sistema que las rige se hace menos visible, la variedad formal aumenta, e igualmente las posibilidades combinatorias: es decir, la libertad de elección. Esto, creo, se corresponde con lo que ocurre, en el fenómeno de la evolución, con la materia en sus diversos niveles estructurales, desde los elementos puros hasta la vida, pero no he estudiado a fondo esta semejanza.

(*) Sobre cuadro en partes, transcribo los siguientes párrafos del catálogo de la exposición *Arte Objetivo* (Dirección General de Bellas Artes, octubre de 1967): «Barbadillo cree que el conflicto entre lo vital y lo racional es uno de los mitos que ya es necesario revisar. En su obra, la modulación total y sistemática del espacio —que lleva la racionalización de la forma a límites extremos— es, al mismo tiempo, el instrumento que relativiza sus composiciones, al hacerlas susceptibles de transformación, incorporando así en ellas la dimensión tiempo. Algunos de sus cuadros transformables son, en realidad, representaciones de verdaderos procesos, con fases diferentes, que se obtienen modificando el arreglo de las partes en que estos cuadros han sido ejecutados».

7.2.6. Manuel Barbadillo. «El ordenador. Experiencias de un pintor con una herramienta nueva» (*Ordenadores en el arte*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 13-16).

Mi relación con el Centro de Cálculo comenzó en marzo del año pasado, al recibir una carta de Mario Fernández Barberá, técnico de IBM en funciones de coordinador con el Centro, en la que me decía que creía que las experiencias que estaba llevando a cabo en mi obra se verían muy facilitadas con la ayuda de ordenadores electrónicos. Con su carta, me enviaba algunos impresos con información sobre las actividades del Centro.

Esta carta llegó en el momento justo, porque durante los últimos años, probablemente a causa de la forma en que había evolucionado mi pintura, había venido interesándome cada vez más por la cibernética, y aunque mi interés por ésta había sido más bajo un punto de vista de tipo filosófico que técnico, la misma creencia había ido tomando cuerpo dentro de mí; sólo que no veía la forma en que podría comprobarlo.

Las características de mi obra, en el momento a que me refiero, las describo más adelante. Sólo quiero aclarar aquí, para explicar mejor los párrafos que siguen, que se trataba de composiciones geométricas muy automatizadas en las que la forma total se generaba por la integración de unas formas menores, idénticas entre sí e idealmente inscritas en una cuadrícula, que pueden tener cuatro posturas, produciéndose cada una por un giro de 90 grados de la anterior. Y que la posición de cada una determinaba en cierta medida (no totalmente, ya que su diseño permite la conexión de unas con otras de varias maneras) las de las que la rodean.

Varios días después de recibir estos papeles, le envié al director del Centro una Memoria, basada en unas reflexiones sobre mis experiencias modulares que había escrito un par de años antes^(*), acompañada de una carta cuyos principales párrafos transcribo a continuación:

«El arte es el espejo de la vida. Su evolución, en nuestra civilización, desde las formas naturales hasta las actuales formas racionales, con estructuras puramente matemáticas, debe expresar el modo en que la vida ha sido afectada por la producción de ideas y sus aplicaciones prácticas, con la superposición de una realidad tecnológica sobre la realidad natural. El hecho, pues, de que el arte en el momento actual investigue en el campo de la cibernética, manifiesta, en mi opinión, el papel determinante que ésta ha de tener en la evolución de la Sociedad en la nueva fase de nuestra historia.

Mi propósito es estudiar, de forma general, este fenómeno. Y de manera más concreta, la ayuda que el computador puede aportar a la solución de algunos de los problemas que el arte tiene actualmente planteados.

Aunque presumo que la familiarización con el computador puede modificar el carácter de mi investigación, ésta versaría, en principio, sobre lo siguiente:

1. Sistematización y simplificación del proceso de obtención de combinaciones modulares.
2. Posibilidades del computador para orientar al autor respecto al sentido de su propia evolución, mediante el análisis de aquellas combinaciones que han sido consideradas válidas sin más criterio que la emoción estética (a causa del carácter intuitivo de la creación artística y puesto que, a veces, el hallazgo de nuevas combinaciones ha producido revelaciones que han servido de indicación hacia nuevos objetivos, mostrando «a posteriori» las características del proceso lógico.
3. Comparación de la estructura algebraica de las combinaciones aceptadas con la de las rechazadas, para buscar la existencia de alguna ley, que sospecho, y su programación.
4. Considerando la exploración artística colectiva como un aspecto del asedio a la realidad desde distintos puntos, utilizar esta información para el estudio del grupo o ten-

^(*) Estas reflexiones están recogidas en el artículo «Materia y vida».

dencia con que la obra individual se relacione, y después las otras tendencias a que el *consensus* atribuya vitalidad, etc.

El conocimiento de las posibilidades del ordenador, a través de un curso intensivo de iniciación (abril de 1968) y otro de perfeccionamiento (febrero de 1969), y las pruebas realizadas con la máquina, no han modificado en gran medida estos objetivos, pero el contacto con el personal del Centro ha enriquecido mucho el repertorio de mis ideas, especialmente las conversaciones sobre lingüística con Ernesto García Camarero, y las sugerencias de Florentino Briones, director del Centro, que me han proporcionado una mejor comprensión de mi propia obra, que, curiosamente, aparecía a veces como pensada en función de la estructura operativa del ordenador.

Igualmente formativas han resultado la colaboración de Isidro Ramos y las inagotables explicaciones de Mario Barberá, quien además ha sido un gran apoyo moral, infundiéndome ánimos, y hasta dándome «clases extraordinarias» en su casa, cuando descorazonado ante los problemas que me suscitaba la insuficiencia de mis conocimientos técnicos durante el primer curso, estuve a punto de arrojar la toalla.

Lo mismo podría decir de todos los miembros de este Centro con quienes en un momento u otro he entrado en contacto, pues por específicas que hayan sido sus orientaciones, estoy convencido de que al comprender racionalmente lo relacionado con el funcionamiento del ordenador, se asimilan también inconscientemente los principios de la técnica que lo ha producido, y con éstos el estado de ánimo, las vivencias, y lo principal de la ciencia que ha desarrollado esa técnica; parcelas importantísimas, todas ellas, de la realidad de que se nutre el arte. La prueba mejor del vigoroso impacto que estas experiencias me produjeron, es que muy poco después de regresar a casa, al concluir el curso del año pasado, mi obra se renovó, ampliándose el alfabeto de mi lenguaje formal con el hallazgo de tres nuevos módulos.

Los primeros trabajos por la máquina se pasaron a principios de año. Para entonces, el sistema modular de mis cuadros era ya bastante complejo, pues en ellos podían intervenir hasta cuatro módulos distintos, en sus dos versiones, positiva y negativa, y cuatro posturas; más las simétricas de todas ellas. De requerírsele al ordenador la generación de todas las combinaciones posibles, sin ningún criterio de discriminación, su elaboración habría supuesto billones de horas de trabajo. Pero, aparte de esta consideración, tal clase de producción indiscriminada no era lo que se pretendía, sino precisamente hallar esos criterios, para descubrir significados al identificar las normas que han venido rigiendo el establecimiento de relaciones entre los elementos.

Se decidió dividir el trabajo en fases que, más o menos, coincidieran con las etapas que ha seguido mi obra desde el encuentro del primer módulo que —a juzgar por el tiempo que llevo trabajando con él, y el que haya sobrevivido al hallazgo de otros nuevos, en contraste con los que le precedieron, ninguno de los cuales me ocupó más de algunos meses— que debió resultarme satisfactorio. Y comenzando por las primeras pruebas que hice con este módulo —la fase más simple, estructuras de cuatro casillas con intervención de cuatro posiciones positivas solamente—, obtener todas las combinaciones. Comprobar entonces si además de las que había encontrado por mis medios —totalmente intuitivos y asistemáticos— había algunas más que «dijesen algo» y someter todas las «buenas» a un análisis comparativo, por parte de la máquina, con las desechadas. Extraer la norma, comprobar si había estado operando en las obras que había realizado en la fase siguiente, y utilizarla como filtro al pedir a la máquina las combinaciones correspondientes a la nueva fase.

Lo encontrado hasta la fecha no justifica todavía una exposición ordenada de los resultados, que, por lo demás, en la situación actual de tanteo y comprobación de métodos, no podría tener el rigor debido, y que, por lo tanto, habrá que dejar para más adelante. Pero ha sido lo suficiente para mantener mi entusiasmo y el interés de las personas que colaboran conmigo; ha producido temas de estudio, confrontación y discusión en las reuniones del seminario de la Génesis Plástica, que desde el mes de diciembre pasado venimos celebrando periódicamente, y ha puesto de manifiesto la coincidencia de la dirección de nuestras investigaciones con las que simultáneamente se llevan a cabo por otros dos seminarios del Centro, el de Or-

ganización de Espacios Arquitectónicos y el de Lingüística Matemática. Coincidencia que no considero casual, y que seguramente nos beneficiará, a causa de la analogía de algunos de los problemas.

7.2.7. Manuel Barbadillo. Conferencia pronunciada en el CCUM, el 26 de junio de 1969, durante los actos de clausura del curso académico 1968-69.

[...] El Centro ha publicado, o está publicando en este momento, un libro en el que yo colaboraba con un escrito que constaba de dos partes, en una de las cuales me ocupaba especialmente, a manera de informe, de los trabajos que hemos hecho aquí en el Centro con mi obra; es decir, describía el módulo, sus combinaciones, la generación de éstas con la máquina, etc. En la otra, un poco como complemento de aquélla, trataba sobre mi visión del arte en general y del arte en los últimos tiempos, de ciertos problemas y de las soluciones que se han ido dando: problemas de espacio, de dinamismo y de organización sobre todo. Desgraciadamente, por razones técnicas, el libro no ha podido estar terminado para hoy, lo que había sido mi esperanza, a fin de ayudarme en esta conferencia. Porque, si el informe se hubiese terminado antes y alguien del auditorio lo hubiese leído, yo, más que dar una conferencia, me hubiese limitado a iniciar el coloquio sobre los puntos que surgieran a propósito de esos escritos; pero, como no se ha publicado todavía, lo que voy a hacer entonces es limitarme casi exclusivamente a explicar la situación de mi pintura cuando comenzaron los trabajos en el Centro, y cómo llegué a ella. Puede que de pasada me refiera también a cuestiones de tipo más general, no necesariamente relacionadas con mi obra. Incluso sugeriría, y les daría la bienvenida, a quienes, entre el auditorio, interviniendo, puedan contribuir a dirigir mi charla involucrando y haciendo participar a quien lo desee.

De los dos escritos citados, en uno de ellos me refería a ciertas características de las últimas tendencias en pintura, en las que, a pesar de parecer que la preocupación fundamental es la formalista, hay un ingrediente que yo lo veo derivarse del informalismo. Es la cuestión del dinamismo. Bajo mi punto de vista, en la pintura, a lo largo de todo el desarrollo del periodo clásico, hay muchas escuelas, muchas tendencias y diferentes objetivos; pero hay dos líneas maestras que están operando constantemente: una, cuya preocupación fundamental es el dinamismo, y otra, cuyo objetivo es la organización. Un buen ejemplo de esta última es el caso de Mantegna, cuya principal preocupación, aparte de representar la perspectiva, era relacionar las formas de una manera casi maquinista, para que todo estuviese perfectamente equilibrado, compensado y atado. La otra línea se despreocupa un poco de la composición, pero en cambio aporta un calor, un contenido emocional que la pintura más interesada por la organización del espacio no posee. En momentos felices se han producido obras en las cuales ambas líneas están sintetizadas. Por ejemplo, recuerdo una serie —porque creo que son tres cuadros—, me parece que de Botticelli, que están aquí, en el Museo del Prado. Se llama la *Historia de*^[*] ... no sé quién, y en ella todo está muy ordenado. Su composición es hasta rígida. Hay una serie de líneas verticales, que son troncos de árboles, y unas líneas horizontales, principalmente las correspondientes a la mesa de un banquete. O sea, que se ve una preocupación por determinar la posición espacial, por cuadrricular casi el espacio, pero al mismo tiempo, la historia que se narra es la de una mujer perseguida por un hombre a caballo. Hay, pues, una preocupación dinámica que, en un sentido literal, está representada por la anécdota de la mujer que huye del jinete que la persigue, pero en lenguaje plástico esa preocupación se manifiesta en los ritmos que las formas de estas figuras generan: la lanza, que está inclinada, o el dibujo de algo que rompe la horizontal y la vertical de las otras formas, creando tensión. Pero el interés de su autor por el dinamismo llega a más, porque aparte de querer compensar la estructuración formal, casi sistemática, con estas otras líneas que producen el dinamismo,

[*] Barbadillo se refiere a tres tablas que guarda el Museo del Prado con la *Historia de Nastagio degli Onesti*, en las que se relata un cuento del *Decamerón* de Boccaccio y que fueron pintadas por Botticelli en 1483.

aparte de eso, es que ha producido tres cuadros que representan una secuencia, tres momentos de la misma historia, lo cual parece indicar que su preocupación por el movimiento le hizo salirse del propio cuadro, esto es, le hizo comprender que el cuadro era incapaz de representar tanta realidad de movimiento como él quería, y entonces tuvo necesidad de representarlo en tres partes sucesivas. Este es uno de esos momentos de síntesis, uno de esos momentos afortunados en los cuales la pintura parece preocuparse del hombre más completo, un hombre que posee emociones y que posee también la razón; el hombre que separa la materia para encontrar los secretos de su organización, representada en este caso por la composición, y el hombre que al mismo tiempo está dotado de esa chispa que, a pesar de que la materia en este momento determinado nos revele unas leyes, cree que hay otras leyes aún más profundas que hay que penetrar en la capa siguiente de la realidad. A mí me parece que la dialéctica entre estas dos líneas de la pintura es lo que ha producido el dinamismo de esta cultura nuestra y es lo que la diferencia de otras culturas que han carecido de ella. Pero, en otros momentos, menos afortunados, la tendencia que trata de revitalizar el cuadro, de impregnarlo de espíritu, se ve forzada a desformalizar. Esto ocurre con el Barroco. Parece que hay una intuición de que la vida es movimiento, cambio. Es una reacción contra el énfasis en el orden con que había comenzado el Renacimiento. Tratando de representar esta energía, llega un momento en el que es difícil delimitar dónde termina la representación de un objeto y dónde empieza la representación de un espacio. Algo semejante ocurre con el Romanticismo, donde, como reacción también contra la pintura anterior, el cuadro está en un desorden aparente completo, las figuras se amontonan y es difícil delimitar el espacio y las figuras.

Entre los años veinte y cuarenta [de este siglo], ambas líneas están muy radicalizadas. El ejemplo típico en la línea organizadora es Mondrian. La preocupación de Mondrian por la organización del espacio llegó al extremo de que casi cuadrículó por completo el cuadro. Casi redujo el espacio a cuadrículas iguales a todo lo largo y ancho del lienzo (de hecho, llegó a hacerlo en alguna obra). Lo que ocurre es que él comprendió que aquello se había quedado muerto, y lo revitaliza mediante el uso del color; mejor, de la interacción de los colores. De forma que el rectángulo que aislaba a un espacio de lo que lo rodeaba y que, por lo tanto, le había reducido a una pieza inerte, desaparece, y esa porción de espacio empieza a vivir porque el color contenido en el rectángulo cuadrado de al lado tiene un movimiento de simpatía hacia el otro. Mondrian espiritualiza así sus composiciones, aunque en algún cuadro se limita a trazar las coordenadas sobre un fondo monocromo. La reacción a esta sistematización fue el Informalismo. El Informalismo comprendió que la civilización reducía al hombre a un robot, a una máquina. La verdad es que la historia de los años treinta y cuarenta es la historia de la conducta del hombre-máquina. Y, naturalmente, se produjo la reacción, que despreció por completo los valores formales del cuadro. Todo aquello que representa la reflexión se consideró que había que tirarlo por la borda, porque había que salvar esa cosa especial que hace del hombre algo más que una máquina. La principal preocupación del Informalismo era que el cuadro estuviese impregnado de espíritu, de autoexpresión, y para ello consideraba que la destrucción de los valores formales, no sólo era legítima, sino que debería ser procurada conscientemente. Debería hacerse así porque los valores formales del cuadro, al representar la reflexión, son los que interfieren con la continuidad entre la emoción —la concepción— y el acto de la ejecución. Después, el Informalismo ha terminado su ciclo y en estos últimos años ha reaparecido la línea organizadora, la línea geométrica. Pero reaparece con una característica nueva, y es que a pesar de que se continúa el proceso de organización, incluso hasta llevarlo a extremos de automatización, el dinamismo es muy importante, aún más que la propia organización. Esto explica el arte cinético, que incluso recurre a procedimientos extraartísticos: se pone un motor, se ejecutan formas perfectamente estáticas, perfectamente encerradas en sus coordenadas, pero hay un motor que las mueve, y la composición está cambiando constantemente. Este problema ya se lo planteó Calder antes. Lo que pasa es que en Calder el cambio se produce por el azar, o al menos por un elemento extraño al control del hombre, como el viento o el cambio de temperatura.

Respecto a mi propia evolución, quiero hacer una incisión. Al hablar de problemas en pintura, voy a narrarlos como si se tratara de problemas que en el momento eran comprendidos,

eran captados lógicamente. Es decir, yo diré: encontré esto e hice aquello, y al encontrarme con este problema lo solucioné de esta forma o de esta otra; pero de hecho no fue así. Como hay muchos pintores en el auditorio, ya sabemos que uno hace las cosas porque las hace. Uno siente que algo ya no le gusta, o que ya no lo quiere hacer más así, y lo hace de otra manera. Pero, sin embargo, he observado que aquellas cosas que hice por razones intuitivas, mostraban *a posteriori* las características del proceso lógico, y por esta razón voy a referirme a ellas como si en el momento las comprendiera.

Yo empecé estudiando el modelo del natural, de forma académica, y seguí el proceso histórico, el proceso que ha seguido la pintura: primero, se estudia el modelo; después, se encuentra uno con que las formas se desvanecen, y entonces se da cuenta de que la propia representación de lo que captan los ojos lleva a uno a lo aformal.

En la historia del arte occidental, la pintura había pretendido analizar la luz con la mayor fidelidad posible. Leonardo decía que lo importante en la representación de la figura era el *sfumato*, esto es, captar la degradación de matices, fundiendo las pinceladas, hasta que la cara, o el cuerpo, o el objeto esté inmerso en el ambiente. Había, pues, que buscar la mayor fidelidad en la captación de la luz. Pero siglos después, cuando se llegó a una gran fidelidad en la representación de la luz, el cuadro se descompuso en pinceladas sueltas, esto es, el Impresionismo, y en el paso siguiente las pinceladas se han convertido en miles de puntos y la forma ha desaparecido. En Seurat, ciertamente, existen formas, pero en contradicción con los propósitos del Impresionismo. Porque, mientras que lo que se trataba era de analizar la luz sin preconcepciones, tal como la captan de forma inmediata los sentidos, Seurat tuvo que recurrir a formas «pensadas», a estereotipos, para amarrar aquella explosión de color. Por eso, después vendría el Cubismo.

Yo recorrí también, como hacemos casi todos, esta trayectoria, y cuando vi que las cosas se desvanecieron, di el paso que damos casi todos también: el expresionismo, que vuelve a partir de la figura humana o de los objetos, pero donde la guía ya no es la vista sino el interior de uno. Como trataba de expresar mis sentimientos, mi visión interior del mundo, era la emoción la que me conducía. Tratando de hacer más y más espontánea la expresión de esta emoción, más y más estoy deformando, hasta que me encontré con el informalismo. Entonces comprendí que la representación de imágenes había llegado al final y que había que recurrir a algo nuevo. Como en aquellos años se exploraba la pintura de materia, comprendí que lo nuevo era darle entrada al espacio real y a la luz real como elementos del cuadro. Entonces comencé con la pintura de materia, haciendo que la textura, los relieves de la materia y la luz real al incidir sobre ellos, fuesen los elementos de la obra. Después, seguí aislando zonas de materia sobre el fondo liso del cuadro, porque observé que, por contraste, ganaban en expresividad cuando estaban rodeadas de una zona plana. Primero dividí el cuadro en dos zonas, después en más zonas y finalmente me encontré con que el cuadro era como un soporte plano, en el cual había una serie de formas unas junto a otras, como mariposas prendidas por alfileres. Lo que me chocó fue la monotonía: todas las formas eran iguales. Hasta que comprendí que era precisamente esto lo que había pretendido. Quiero referirme a lo que [Ernesto García] Camarero^[*] ha dicho antes: que a veces la investigación científica y la investigación artística pueden ser paralelas hasta cierto punto. Cuando reduje la zona informe texturada que cubría toda la superficie del lienzo a una serie de porciones separadas por el fondo liso, me parece que había hecho lo mismo que el científico en el laboratorio al analizar la materia. Creo que el hecho de que aquéllas formas estuviesen puestas unas junto a otras y fuesen todas iguales, manifestaba que para mí la materia, básicamente, es única. Después de esto hice unos relieves de formas geométricas en material rígido, porque encontré que la materia blanda, como orgánica, de los lienzos interfería con la equiparación de las formas. Es decir, las irregularidades de la materia individualizaba cada una de las formas y para hacerlas absolutamente iguales había que esquematizarlas. Así que hice los relieves geométricos, muy pocos, con formas tro-

[*] Se refiere a la conferencia pronunciada ése mismo día por Ernesto García Camarero en el Centro de Cálculo y reproducida también en este Apéndice

queladas en serie para garantizar su absoluta equiparación, y después de esto, para sorpresa mía, me encontré de nuevo pintando sobre superficie plana. Las estructuras geométricas ya no eran en relieve, sino pintadas, en negro sobre blanco. Hice primero unos módulos de formas más bien estáticas, rectángulos y cuadrados: formas objetivas en negro sobre blanco. Pero observé también que la desposesión del cuadro de elementos subjetivos mataba al cuadro. Hasta que llegó un momento en que parecía más un diseño para un tejido, un diseño de tipo industrial, que pintura. Pensando sobre esto, un día me di cuenta de que el problema era que aquellas formas, al estar alineadas unas junto a otras con absoluta monotonía, estaban desprovistas de ritmo. No había atracción entre ellas, no se interrelacionaban. Entonces, empecé a buscar módulos en los que intervinieran rectas y curvas, con vistas a dotar al cuadro de dinamismo con la superposición, sobre un esquema tan mecánico como un cuadriculado, de otra nueva configuración más dinámica. Por fin llegué a un módulo que, debido al hecho de que he continuado operando con él durante unos cuantos años —mientras que los otros sólo me ocuparon meses o semanas—, debo haberlo considerado más satisfactorio que los anteriores. Posteriormente, he encontrado otros tres. Los cuatro tienen ciertas características en común, y ahora, ya con esta introducción hecha, voy a pasar a dibujar y a explicar un poco esto.

El primer módulo es una combinación de rectas y curvas, como decía, y tiene una forma como de gancho encerrado en un cuadrado. Es éste... *[dibuja su módulo más conocido en el encerado, con forma de cuernecillo]*. Con este módulo he estado trabajando cuatro o cinco años. Los resultados, los aceptaba o los rechazaba simplemente porque me gustaban o no me gustaban, pero después he descubierto las razones por las que lo hacía. Parece que las composiciones que aceptaba tenían en común que la conexión de este módulo con el mismo módulo situado en la cuadrícula siguiente producía una trayectoria fluente, de forma que se dotaba al cuadro de dinamismo. Al menos idealmente, toda la superficie del cuadro era una representación continua, sin roturas *[dibuja el mismo módulo en dos versiones invertidas, la una con respecto a la otra, que contactan en los vértices en que termina la punta afilada de cada uno]*. El módulo, de hecho, son las cuatro subcuadrículas iguales en que lo dividen un eje vertical y otro horizontal que se cruzan en el centro del cuadrado, porque los puntos significantes, los puntos que operan en el módulo son éste, éste, éste, éste y éste: es decir, el punto medio de cada lado del cuadrado y el vértice donde termina la punta afilada de la forma inscrita en el cuadrado. [...] Éste es el módulo positivo, la forma negra sobre fondo blanco. Al estar dividido cada lado del cuadrado exterior en dos segmentos iguales por estas dos líneas perpendiculares, el módulo se puede casar con otro adyacente, con lo que existe la fluidez que parecía que era lo que buscaba. O sea, que el módulo posibilita su conexión con los que le rodean casi en cualquier posición.

Mientras estuve operando con módulos negros sobre fondo blanco, esto es, con módulos positivos solamente, más que nada buscaba la representación de esta fluencia por contacto de las puntas. Pero, después, cuando empecé a utilizar también módulos negativos, blanco sobre negro, me encontré también que debido al hecho de que estos segmentos iguales pueden ser blancos o negros, cada módulo podía complementarse con otros adyacentes de diversas maneras: así, así y así, por ejemplo *[dibuja]*. Este módulo puede continuar por aquí, por contacto de las puntas con otro positivo, o puede continuar en otra forma; por ejemplo, otra forma de continuar es que aquí hubiese otro negativo, en cuyo caso, lo que era espacio en éste, se integra con lo que es forma en el otro. Esta otra forma de unirlos, a mí no me gusta, porque aquí se produce un corte, que por alguna razón me desagrade, pero se puede hacer; o también por aquí *[dibuja]*. Con este módulo hice muchos cuadros. He traído uno para explicar un poco mejor esto, y lo voy a mostrar, porque en este cuadro he relacionado cada módulo con los que le rodean de varias formas. Esto lo pueden ver ustedes *[muestra un lienzo que había estado de cara a la pared]*. Hay unas pequeñas cosas que quiero aclarar aquí. En este cuadro, el módulo, el espacio, por dentro, es más amplio que en este otro. Aunque yo acepto de antemano, al ponerme a trabajar, la disciplina modular, lo encuentro legítimo porque, como explicaba antes, lo modular es el cuadrado exterior más que las formas contenidas. El espacio interior no opera de forma modular en lo que respecta a la articulación de unos módulos con otros. Para aumentar el dinamismo, he estrechado un poco las formas interiores, pero exteriormente

el módulo va inserto en su cuadrado, y el punto éste es la mitad de este lado, el punto éste es la mitad de este otro lado, etc.

Aquí, por ejemplo, hay un módulo positivo y un módulo negativo, ambos dentro de sus casillas. Se comunican por complementación. Es decir, este espacio se integra con este módulo, y este espacio se integra con este otro módulo, y se hace desaparecer el espacio muerto, el espacio sin tensión. Aquí, también los módulos están unidos por complementación, pero aquí no. Aquí lo están por contacto de las puntas. A su vez, este espacio de este módulo se integra con el módulo negativo de al lado, etc.

Recientemente, hace quizá un año o algo así, encontré tres módulos más. En muy poco tiempo, casi juntos, empecé a trabajar con tres módulos más. El segundo tiene este diseño; el tercero es así y el cuarto de este modo [*dibuja los cuatro módulos*]. Yo me había acostumbrado tanto a la idea de tener que componer un cuadro con una sola forma, que me sorprendí cuando me vi trabajando con otras, y me produjo muchas dudas y muchos titubeos, hasta que un día observé que a pesar de que las formas nuevas eran distintas, operaban modularmente, de la misma manera. Este punto era el importante ahí, éste aquí, y éste otro aquí. Es decir, que estos módulos también podían operar como el otro: complementándose, continuándose, etc. En el diseño del cuarto módulo, como pueden ver, no intervienen las curvas. Esto me extrañó. Pero pensé que como los otros parecen ser la representación de una trayectoria, éste podría ser la representación de una trayectoria cuya cúspide está muy alta. O sea, que los cuatro podrían representar secciones de ondas de diferentes longitudes.

Bueno, vuelvo al primer módulo, porque, como decía antes, con solamente éste, estuve ocupado durante unos cuatro años y, de hecho, los trabajos que hemos estado realizando en el Centro hasta ahora, se han limitado a tratar de encontrar las normas que había estado aplicando de forma inconsciente en los cuadros que ejecutaba con él. Observé que entre aquellas composiciones que me gustaban, parecía haber algo en común: una manera especial de conectarse los módulos y de hacer surgir el dinamismo. Esto me hizo sospechar que, quizás inconscientemente, estaba obedeciendo a algunas leyes. Por aquél tiempo ocurrió que Mario Barberá, técnico de IBM con funciones en el Centro, se puso en contacto conmigo y me habló de las posibilidades de investigación que podía haber en el Centro de Cálculo, y entonces decidí que quizás mereciese la pena comprobar si, efectivamente, al menos en mi obra, lo que consideramos un poco arbitrario y caprichoso, como es la intuición, en realidad obedece a leyes que no conocemos. Y ahí empezó el trabajo.

Efectivamente, hemos encontrado que en los cuadros algunas normas están actuando. En cierto número de ellas, esto está ya por completo probado. Por ejemplo, en una fase determinada de mi trabajo, en una composición de sólo cuatro módulos, todos los cuadros que había pintado estaban formados por una integración de dos módulos en las dos cuadrículas de arriba, y esta misma integración, invertida, en las dos de abajo. Todas las obras que había realizado obedecían a esta regla, o casi todas (no sabría decirlo con precisión). Pero esto no quiere decir que todas las combinaciones posibles que respondieran a esta norma las aceptaría, esto es, serían buenas, según mi criterio, tomando como criterio la emoción estética. Pues bien, en los trabajos del Centro, las pautas que se han seguido se han tratado de ajustar lo más posible a las que ha seguido el desenvolvimiento de mi obra. Primero, composiciones de cuatro cuadrículas con cuatro módulos positivos solamente. Las combinaciones posibles no son muchas: unas trescientas y pico. Pero cuando ya interviene el módulo complementario, el módulo negativo, la cantidad de combinaciones posibles aumenta a millones. No lo sé con exactitud, aunque sí puedo afirmar que el número es enorme. Claro, esto es impracticable, y, además, no es lo que pretendíamos. Lo que se pretendía era encontrar los criterios de selección, no sólo por limitar las combinaciones que la máquina podría producir, sino para descubrir significados al encontrar esas normas. En los primeros trabajos, es decir, en los de combinaciones de cuatro módulos positivos, se han encontrado unas normas que se han aplicado después a las composiciones de módulos positivos y negativos, porque parece ser que, en efecto, también ahí seguían vigentes, pero en las combinaciones de dieciséis cuadrículas, parece que las normas se han modificado. Esencialmente, continúan operando, pero con algún cambio. Bueno, creo que ahí está la cosa ahora [...]

7.2.8. Manuel Barbadillo. «Módulos, estructuras y relaciones. Ideogramas del Rapport Universal» (*Manuel Barbadillo. Obra modular 1964-1994*. Málaga, Fundación Pablo Ruiz Picasso, 1995, págs. 71-76)¹.

Mis conocimientos de física, química o biología son muy limitados. Soy pintor, y mi formación —incluso mi formación artística— ha sido un tanto anárquica. Pero si mi propio organismo está formado de la misma materia que cuanto me rodea; si cualquier materia viva, aunque se trate de una organización muy compleja, en un cierto nivel de su estructura consiste en combinaciones entre unos pocos elementos —oxígeno, carbono, nitrógeno, etc.— que están también en las otras formas de vida y en el medio en que habitan, lo que me constituye en una entidad independiente no es, pues, básicamente, una diferencia sustancial, o de ingredientes, sino las fuerzas que mantienen a esos ingredientes en determinadas relaciones. En estas relaciones, según parece, no sólo es importante la proporción numérica de los elementos, sino también su organización en el espacio. Creo que esta pequeña referencia a algo que ocurre con la materia (y también en música, en literatura, etc.) es una buena introducción a cualquier explicación de mi obra, puesto que, a mi juicio, sus principales puntos versan precisamente sobre cómo las mismas formas pueden originar, por integración, formas nuevas, más complejas y distintas entre sí, las cuales, a su vez, se transforman cuando cambian las proporciones de sus componentes, pero también cuando —aun manteniendo esas proporciones— se trastocan sus posiciones o se alteran sus posturas.

[...] Voy [...] a escribir aquí principalmente acerca de algunas de mis observaciones sobre estructura modular, y de los trabajos realizados durante el curso 1969-70 en el [...] Centro [de Cálculo].

Forma y módulo (el problema del espacio)

- I. Si una forma inscrita en un cuadrado, en una composición cuadriculada, se gira (se cambia la base del cuadrado), la composición se altera; a menos que la forma sea un círculo o un polígono regular con cuatro lados, o con un número de lados múltiplo de cuatro, cuyo centro coincida con el del cuadrado en que está inscrito. Por tanto, esa forma, en esa composición, opera como cuatro formas distintas, según el lado del cuadrado que se tome como base.
- II. Si la forma mencionada, representada por una zona continua de un color en un fondo de color distinto, se diseña de manera que alguna parte de su contorno coincida con el lado del cuadrado que la contiene, la forma se integra, al yuxtaponerlas, con otra que posea esta misma característica, colocada en la posición adecuada, creciendo y transformándose pues:
 - a) En una dirección, si la fusión del contorno de la forma con el lado del cuadrado se produce solamente en uno de los lados.
 - b) En más direcciones, si esta condición se da en más de un lado.
- III. Si en vez de a lo largo de todo el lado del cuadrado, la fusión se produce sólo en su mitad, y la misma forma interviene en versiones positiva y complementaria (complementaria: la de colores opuestos), la integración puede ser:
 - a) Forma con forma y fondo con fondo.
 - b) Forma con fondo de su complementaria.

¹ Publicado originalmente con el título de «Modules / Structures / Relationships. Ideograms of Universal Rapport». *Boletín de la Computer Arts Society*, Londres, noviembre 1970.

Lo cual favorece el control del crecimiento y aumenta, al mismo tiempo, las posibilidades plásticas de las formas resultantes de la integración.

Soy desde luego consciente de la ambigüedad, por lo que antecede, de los conceptos *forma* y *fondo* (o espacio) en mi obra, los cuales pueden tener algún significado en el caso de los módulos aislados, pero que lo pierden por completo cuando los módulos están integrados (sobre esto vuelvo más adelante). En realidad, puesto que para que una forma gráfica exista es necesario que sus límites se definan por oposición a algo, «forma», en un sentido estricto, sería ambas cosas. Uso, pues, estos términos de manera convencional, y a falta de otros más adecuados. Por módulo, en cambio, entiendo tanto la forma como la porción de espacio organizado que la contiene.

Tengo que decir que estas observaciones son consecuencia de reflexiones posteriores a mi obra, no a la inversa, pues el desarrollo de mi obra ha venido determinado por las soluciones a problemas específicamente estéticos, teniendo como única guía —o como guía principal— la sensibilidad, y sin apenas intervención de la razón. Al menos en una forma consciente, ya que la funcionalidad de sus transformaciones —aunque los objetivos, a la sazón, fuesen para mí desconocidos— pone de manifiesto la lógica del proceso. De aquí mi convicción de que un campo fértil de investigación en la conjunción del arte con la cibernética pudiera ser el del conocimiento intuitivo y el proceso de la pura creación.

Automatismo y libertad

El diagrama que se reproduce [Fig. 5.12, pág. 145] muestra el funcionamiento de los elementos de mi obra después de aumentar mi repertorio, en 1968, de uno a cuatro módulos. Las estructuras de estos módulos, como puede verse, son muy similares [Fig. 5.5, pág. 139]. En todos ellos, las partes rectas que coinciden con el lado del cuadrado, lo hacen a lo largo de todo él o de su mitad. Y las curvas son, o semicircunferencias o cuartos de una circunferencia cuyo radio es también igual a la mitad del lado del cuadrado (el perfil interior de una de ellas —módulo *a*— donde esta condición no se cumple es, idealmente, una reducción proporcionada del exterior). Los he designado con letras del alfabeto siguiendo el orden de aparición en mi obra.

Antes de hallar estos módulos, experimenté con otros muchos de diversos formatos, pero realizando siempre pocas obras con cada uno de ellos. El primero con el que trabajé durante un largo periodo (y continúo usando en la actualidad en conjunción con otros) fue también el primero de la serie cuyas características acabo de describir. La razón, para mí, es ahora clara: evidentemente el formato cuadrado y las características de sus estructuras iban destinadas a facilitar los giros y los acoplamientos.

Con este módulo exclusivamente he trabajado durante más de cuatro años —desde principios de 1964 hasta la primavera de 1968, cuando le añadí los otros tres—, fascinado por la mezcla de automatismo y libertad implicados en su diseño, y por sus extraordinarias posibilidades combinatorias.

He dicho al principio que, en una composición cuadrículada, una forma que reúna ciertas características opera como cuatro formas distintas. Pero si además es asimétrica con respecto a los ejes de simetría del cuadrado, esa misma forma, orientada en dirección opuesta —es decir, su inversamente igual— y girando también en la dirección contraria, opera como otras cuatro. Así pues, la forma «a», con los giros (a_1 , a_2 , a_3 y a_4) y el cambio de dirección ($-a_1$, $-a_2$, $-a_3$ y $-a_4$), equivale a ocho formas diferentes, y su complementaria de color (a') a otras ocho (a estas variantes de una misma forma modular me refiero como *elementos* del módulo). El número de combinaciones de este módulo consigo mismo, con inversiones y cambio de color, y con giros (las combinaciones entre sus elementos) en una superficie dividida en sólo cuatro cuadrículas son ya sesenta y tantas mil (16^4), y en dieciséis cuadrículas serían del orden de billones. Sus posibles combinaciones son, pues, 16^n . Como n es variable, para efectos prácticos son ilimitadas.

Estas combinaciones, en cuanto a variedad formal, abarcarían desde una simple yuxtaposición de formas idénticas, alineadas unas junto a otras, hasta composiciones bastante complejas. La intervención de los módulos b, c y d, que por tener también forma cuadrada y estructuras semejantes son relacionables con aquél, y entre sí, además de elevar considerable-

estructuras semejantes son relacionables con aquél, y entre sí, además de elevar considerablemente el número de las combinaciones, aumenta también la variedad y la complejidad de los diseños.

Los opuestos

Desde 1968, hemos estado trabajando en el Centro de Cálculo sobre las bases matemáticas de mi obra artística. Nuestros estudios con el ordenador electrónico han versado sobre combinaciones de sólo el primero de los módulos citados. Continuando el trabajo realizado durante el año 1968-1969, que cubrió una fase anterior de mi pintura, en el 1969-70 hemos estudiado combinaciones de este módulo en composiciones de dieciséis elementos, sobre un periodo de mi obra que se extiende desde 1965 a 1968. Durante este periodo yo hacía generalmente el cuadro agrupando cuatro elementos en el primer cuadrante del lienzo (el superior izquierdo) y llenando entonces los otros tres con repeticiones, giros o cambios de dirección de esa combinación, invirtiendo, o no, los colores de sus elementos, usando, por tanto, este grupo como un nuevo módulo. Suelo llamar a esta agrupación *molécula* (o asociación, frase, *stanza*... tomando los nombres de diferentes campos).

Los módulos portan, por así decirlo, un mecanismo para integrarse, según he explicado antes, y también una predisposición para que la nueva entidad posea además un aglutinante rítmico, merced al control espacial de su desarrollo, cuya medida, como también decía, es, tanto para las secciones rectas del perfil de las formas como para las curvas, la longitud del lado del cuadrado o su mitad. Pero, naturalmente, unas composiciones parecen «decir» más que otras, y aunque el criterio de selección tenía que ser subjetivo, observamos, sin embargo, que existe cierta cualificación en las relaciones entre elementos opuestos, viéndose corroborado este criterio subjetivo tanto con el resultado de los trabajos anteriores como el de las primeras pruebas de un programa elaborado de acuerdo con este criterio, y hasta con el análisis superficial de obras más recientes en las que intervienen los cuatro módulos. Como *opuestos* se consideran tanto las oposiciones en cuanto a color (a, a'), como en cuanto a dirección (a, -a), como a postura (a₁ y a₃, en sentido vertical, y a₂ y a₄ en sentido horizontal).

Sobre la interpretación de las oposiciones por razón de color, me remito a lo que decía a propósito de la ambigüedad de los términos *forma* y *fondo*, o forma y espacio, en mi obra. Creo que el *módulo complementario* conceptualiza la representación del espacio como un elemento activo, en vez de un mero soporte de la forma (división que, por otra parte, la evolución colectiva de la pintura hace ya tiempo que viene revisando). Pero quizá sea en la música, o en el lenguaje natural, mejor que en la pintura, donde este problema presenta características más claras. En música, especialmente en la más rítmica, las pausas —el silencio— poseen un carácter participante y modulador tan importante como los sonidos. Igual sucede en el lenguaje. Así, pues, el silencio (*tiempo* en el lenguaje oral, *espacio* en el escrito) además de ser lo contrario del sonido, claramente es también su complemento, no siendo la *forma* ni una cosa ni la otra por sí mismas, sino el resultado de combinaciones entre las dos.

Las oposiciones de postura y dirección, en cambio, presentan más dificultades de interpretación, por derivarse de características espaciales propias de la pintura. Para estudiarlas con ayuda del ordenador elaboramos un programa muy sistematizado, con el cual, partiendo de un elemento básico, se van colocando junto a él, sucesivamente, todos sus opuestos; y cada vez que se establece la relación entre dos elementos se continúa haciendo lo mismo con las unidades mayores, hasta rellenar un espacio cuadrado con dieciséis elementos, que, como he dicho anteriormente, ha sido el formato principal de mis obras durante el periodo que se analiza con este programa. El programa iba dirigido principalmente al estudio de las relaciones de oposición citadas. Faltan en él otras normas en las que también hemos trabajado, y se ha prescindido por completo de los giros de 90 grados, los cuales —al menos en la relación entre dos elementos, o entre dos cuadrantes, y en determinadas condiciones— deberían haberse tenido en cuenta. Pero he preferido retrotraer los trabajos a un estado inicial, y, como consideraciones de tipo práctico hacían imperativo restringir de alguna manera la producción gráfica del programa, limitar éste sólo en aquello que no afectaba al aspecto más esencial del problema.

APÉNDICE. Programa para el estudio de las relaciones entre elementos opuestos (líneas generales)

Aunque se decidió modificarlo ligeramente y dividirlo en series cortas, y por determinadas circunstancias no han sido pasadas por máquina todas ellas, las instrucciones para el programa completo fueron las siguientes:

- a) Una vez que se ha colocado un elemento en el primer cuadrado del primer cuadrante, fijarlo y poner en el siguiente (el de su derecha):
 - 1. Una repetición del mismo en el mismo color.
 - 2. Una repetición del mismo en el color opuesto.
 - 3. Su opuesto en cuanto a postura en el mismo color.
 - 4. Su opuesto en cuanto a postura en el color opuesto.
 - 5. Su inversamente igual en el mismo color.
 - 6. Su inversamente igual en el color opuesto.
- b) Cada vez que se complete la segunda cuadrícula, tomar la combinación de elementos de la primera y segunda cuadrícula como una unidad y llenar las dos cuadrículas de abajo con:
 - 1. Una inversión de postura con sus elementos en los mismos colores.
 - 2. Una inversión de postura con sus elementos en los colores opuestos.
 - 3. Su inversamente igual con sus elementos en los mismos colores.
 - 4. Su inversamente igual con sus elementos en los colores opuestos.
- c) Cada vez que se complete el primer cuadrante, tómese como una unidad y llénese el cuadrante siguiente con:
 - 1. Una repetición con sus elementos en los mismos colores.
 - 2. Una repetición con sus elementos en los colores opuestos.
 - 3. Una inversión de postura con sus elementos en los mismos colores.
 - 4. Una inversión de postura con sus elementos en los colores opuestos.
 - 5. Su inversamente igual con sus elementos en los mismos colores.
 - 6. Su inversamente igual con sus elementos en los colores opuestos.
- d) Cada vez que se complete el segundo cuadrante, tomar el primer y segundo cuadrante como una unidad y llenar los dos cuadrantes de abajo con:
 - 1. Una inversión de postura con sus elementos en los mismos colores.
 - 2. Una inversión de postura con sus elementos en los colores opuestos.
 - 3. Su inversamente igual con sus elementos en los mismos colores.
 - 4. Su inversamente igual con sus elementos en los colores opuestos.

El programa fue elaborado por Lorenzo Carbonell Soto en colaboración con el autor.

Reconocimiento:

Para los trabajos de investigación descritos o mencionados en este artículo, el autor contó, en diferentes momentos, con la colaboración y ayuda técnica, o económica, o ambas, de las siguientes entidades:

Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid.

IBM Española, S.A.

Fundación Juan March.

7.2.9. Manuel Barbadillo. «Tambores y computadoras» (1982) (*Manuel Barbadillo. Obra modular 1964-1994*. Málaga, Fundación Pablo Ruiz Picasso, 1995, págs. 83-92)¹.

Fue después de mi retorno a España en 1962, tras vivir durante casi cuatro años en Nueva York, cuando mi pintura comenzó a mostrar las características que me conducirían a la computadora. Pero antes de marchar a Nueva York, había pasado un periodo similar en Marruecos, que hoy me parece haber sido determinante del curso posterior de mi obra.

[...] Mi llegada a Nueva York fue en 1959. En aquel momento, como habría de saber pronto, cuando el movimiento pop salió a la superficie, existía en los EE.UU. una tendencia similarmente orientada hacia el objeto, reaccionando contra los excesos subjetivistas del Abstracto-expresionismo. La diferencia con mi propia obra residía en el tipo de objetos en que se centraba el interés de los artistas americanos, que eran los productos industriales, hechos en serie, de la sociedad de consumo. Sin embargo, posteriores cambios en mi pintura me hicieron sentir en afinidad con esos artistas. No tanto a causa de sus objetos como de la forma reiterativa en que algunos de ellos los empleaban, cuyo efecto estaba relacionado con el que la música africana había ejercido sobre mí. Cuando me di cuenta de que en mis cuadros las zonas lisas potenciaban por contraste a las texturadas y, sobre todo, cuando estas formas en relieve comenzaron a regularizarse en lo que respecta a sus formas, tamaños y distancias entre sí, sentí que, a pesar de las diferencias, nos movíamos en el mismo terreno.

No obstante, mi obra habría de seguir un camino diferente. De vuelta a España, al comprender que era repetición lo que buscaba, eliminé la textura e igualé a las formas, esquematizándolas geométricamente.

Yo creo que esos cuadros que hice en América, aun cuando fuesen la expresión de mis experiencias africanas, fueron también mis pasos iniciales hacia la cibernética. La división de sus superficies en dos elementos contrastados, opuestos, estableció ya las bases del lenguaje binario que después, una vez sustituidos objetos por símbolos, habría de desarrollar en mi pintura.

Durante mucho tiempo me intrigó cómo fue posible que mi interés se desplazase de forma tan poco abrupta del mundo antiguo al postindustrial. Ahora, pienso que hay algo en común, en espíritu, entre ellos.

[...] El primer problema con que me encontré, después que mis cuadros se convirtieran en conjuntos de formas idénticas, alineadas unas junto a otras, fue la redundancia, la inexpressividad. Los cuadros resultarían «muertos», a menos que la redundancia se rompiera con la variedad formal. Como por alguna razón, que he comprendido después, me sentía compelido a no emplear más de una forma, el problema parecía no tener solución. La salida de esta tesitura fue la introducción de la versión negativa de dicha forma (negativa en el sentido fotográfico: con los colores invertidos; yo trabajaba en blanco y negro exclusivamente). Este paso me hizo comprender la naturaleza binaria de la forma.

[...] Hacia 1965 mi pintura exhibía características que yo empezaba a comprender, que apuntaban a la posibilidad de su tratamiento informático.

[...] Mi oportunidad llegó con la inauguración, en 1968, del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid. Ese mismo año, Mario Barberá, uno de sus directivos, me invitó a asistir a un curso sobre ordenadores en el mes de abril en el citado Centro.

[...] Después de asistir otros artistas a un nuevo curso aquel mismo año, García Camarero creó un seminario sobre arte en el Centro, junto con otros dos sobre Lingüística Matemática y sobre Arquitectura, a los que más adelante se añadiría uno sobre Música.

[...] El carácter interdisciplinar de nuestro seminario era muy estimulante. Además de artistas, a sus sesiones asistían también matemáticos, arquitectos, lingüistas y escritores, con el consiguiente intercambio de información e ideas. Después, a medida que el grupo crecía, surgieron los problemas. Duró cuatro o cinco años. Es difícil fijar con exactitud la fecha en que

¹ Publicado originalmente en el *Boletín de Arte* de la Universidad de Málaga, núms. 4-5, 1983, págs. 263-280. Actualizado por el autor en 1992.

terminó, porque murió gradualmente, reviviendo de cuando en cuando. Fue reorganizado primero en la Escuela de Arquitectura de Madrid durante una temporada y, más tarde, Florentino Briones lo llevó, junto con el de Música, a diferentes lugares, después de dejar el Centro por otros cargos^(*).

[...] Por el tiempo en que los problemas del seminario comenzaron, yo estaba también teniendo ya mis propios problemas personales. Estaba yendo a Madrid constantemente y regresando a casa con grandes pilas de gráficos de ordenador, cuyo estudio consumía todo mi tiempo. Incluso traté de desarrollar una tabla de puntuación para clasificarlos. Estaba revisando nociones matemáticas que había olvidado desde mis días de colegio y luchando además con otras nuevas: estadística, teoría de grafos, lingüística, etc. Ya ni pintaba ni «sentía», sólo reflexionaba todo el tiempo, tratando de formalizar racionalmente, de manera exacta, lo que había nacido sin más método que el de dejarme llevar por el instinto. Algo en mi interior se rebelaba. Empecé a sentirme nervioso y desasosegado y a añorar mi antiguo trabajo solitario, realizado a mi «tempo» y sin stress.

Durante años no volví a usar un ordenador, hasta que aparecieron los pequeños ordenadores personales y con ellos la posibilidad de trabajar con autonomía.

[...] Si los ordenadores personales no hubiesen aparecido, no creo que hubiera vuelto a usar la computadora. Ahora, estoy convencido de que con el paso del tiempo cada vez más artistas los utilizarán. Los pintores son los más reacios. Aún así, en la actualidad son ya muchos los que se valen de él.

[...] Yo creo, sin embargo, que el ordenador debe utilizarse con un criterio ecléctico y cuando supone una verdadera ventaja sobre los procedimientos tradicionales en algún aspecto de la obra de uno; es decir, como un utensilio más que puede combinarse con métodos manuales cuando sea conveniente. El «Computer Art» —por usar una denominación que no me gusta, pero que se ha impuesto— no debería configurarse como una rama independiente del arte. El arte es la expresión de la búsqueda por el hombre del conocimiento y de una vida plena, y es siempre el mismo.

(*) Según Briones el seminario se disolvió en diciembre de 1974.

7.2.10. Gerardo Delgado. «Aplicación de las computadoras a la generación de formas plásticas» (*Boletín del CCUM*, abril 1969, págs. 31-35).

El gran desarrollo alcanzado por las calculadoras electrónicas a partir de la Segunda Guerra Mundial, y su gran aplicación en todos los campos tanto científicos como experimentales, ha hecho que el hombre las considere hoy día como elemento imprescindible en todo proceso de investigación, dada su gran aplicación a la resolución de problemas complejos y a su rapidez y exactitud en los resultados.

El hombre, consciente de la importancia del hallazgo del calculador electrónico como herramienta de cálculo, ha intentado explotarlo llevando su aplicación a campos que quedaban fuera de los previstos. Así, el gran desarrollo que en Estados Unidos experimentaron las calculadoras durante la Segunda Guerra Mundial, fue consecuencia de la complejidad de los problemas planteados y la necesidad de resolverlos con la mayor rapidez.

La aplicación del computador a problemas tan complejos como el control de los volúmenes de producción de las empresas, la aplicación en el campo de la medicina con la aparición de las máquinas de diagnosticar, así como en el campo económico, nos lo revelan como la herramienta más útil para la investigación.

Debido a todo esto podemos pensar que estamos asistiendo a una nueva era, «la era de las computadoras», que trae consigo la era de la automatización. En efecto, esta nueva era, que sólo pueden conocer en toda su extensión los países más avanzados tecnológicamente, se implantará cada vez con mayor rapidez en éstos haciendo que su poderío industrial crezca cada vez más en relación a los países menos adelantados, de tal manera que refiriéndonos a uno de los informes realizados sobre el porvenir tecnológico de Europa con relación a los Estados Unidos por el Instituto Gallup, prevé éste que Europa dentro de veinte años será, con relación a los Estados Unidos, lo que el antiguo Egipto es hoy con relación a Europa.

El progreso científico, sin embargo, podemos decir que no ha sido «expansivo», en el sentido de que sólo ha sido científico, y que ha producido una individualización de los sectores más avanzados intelectualmente, dando lugar a la creación de minorías muy selectas que han tenido acceso a las nuevas ciencias que en el mundo han ido creándose y al proceso de investigación de dichas ciencias. Por otra parte, hay una inmensa mayoría de los hombres que no han tenido acceso ni a estas técnicas ni al lenguaje por ellas creado y que a pesar de tener una formación intelectual sólida ha quedado atrás.

Observamos un profundo divorcio entre estas dos clases de hombres, de manera que la minoría selecta formada por los científicos da lugar a una supercivilización^(*), a la cual no tienen acceso los demás. Este divorcio, observamos que es cada día más profundo en el terreno de las ciencias y de las artes, de manera que comparativamente podemos observar el gran desarrollo experimentado por todas las ciencias exactas y aplicadas y la posición de inmovilismo total que se ha producido en el campo de las artes.

No quiere esto decir que en el campo de las artes no haya habido intentos renovadores (que los ha habido), sino que los pocos intentos que en este campo se han producido han sido poco coherentes, faltos de sistematización y que estos intentos se han limitado a experimentar individualmente nuevas teorías y nuevas formas de ver el arte de manera irregular y poco metódica, lo cual ha provocado en los artistas periodos de lucidez al descubrir soluciones nuevas en el arte y periodos de estancamiento producidos al no saber desarrollar dichas formas y no darles un planteamiento formal.

El problema se presenta muy complejo de solución pues esta labor personal de búsqueda, dentro de las artes, ha sido siempre patrimonio exclusivo del artista, de forma que cuando éste encuentra una forma plástica nueva que le satisface se la atribuye como propia, y en muchos casos no la desarrolla al máximo, limitándose a jugar con ella y haciendo perder universali-

(*) Utilizamos el término supercivilización en el sentido de crear una civilización superior basada en un mayor conocimiento científico y una mayor información.

dad a su descubrimiento, dándole un sentido excesivamente circunscrito a su persona y a su forma de ver las cosas.

Esto no quiere decir que se niegue la creación personal, pues esto sería absurdo, pero sí afirmar que, hasta nuestros días, muchos artistas han rodeado a su obra de un matiz de misterio en cuanto a su creación y composición, que ha supuesto una tara realmente grande al proceso de evolución del arte en el sentido más universal, siendo esta evolución puramente personal y manteniendo un principio creador que se ha llamado «genio» o también inspiración.

Hace ya algunos años se publicó en París un libro en el cual se hacía un examen exhaustivo del teatro y de sus situaciones; se llegó a la conclusión de que una obra de teatro se podía plantear de cincuenta formas distintas, y con arreglo a estas fórmulas desarrollar dicha situación para llegar al resultado apetecido. Ahora, al correr el tiempo, vemos cómo aquel libro que pareció situar al teatro en un callejón sin salida está totalmente superado por la aparición de nuevos problemas, nuevos estilos y nuevas formas de comprender el teatro haciéndole cambiar de esencia.

Pues bien, esto mismo es lo que ha sucedido con la pintura, la música y la poesía. ¿Podemos pensar en quedarnos para siempre encasillados en unos moldes rígidos? A todas luces, la respuesta es que no. El empeño por romper con formas exageradamente rígidas y poco atemperadas a la realidad se ha observado en todos los ámbitos artísticos; así nace la música dodecafónica, como intento, como búsqueda, como posibilidad de enriquecimiento; más tarde nacerá la música electrónica y poco después la música funcional se irá incorporando poco a poco en bandas sonoras que nos pasarán desapercibidas y que han tenido su aplicación en el cine.

Paralelamente, la poesía sigue por los mismos cauces, intenta perder de vista la métrica y el ritmo que en otros tiempos fueron considerados como los criterios básicos de acuerdo a los cuales se decidía si la poesía era o no buena; la necesidad de romper estos moldes para atemperar la poesía a la vida actual, da lugar a diversas corrientes; y por fin nace como corriente más avanzada la poesía concreta.

El mismo fenómeno se produce en la pintura, con la incorporación de nuevos materiales, y así vemos que ésta se desprende de los tubos de color para ir en busca de nuevos sistemas de representación, de forma que llegamos no sólo a formas nuevas sino a entrever nuevos caminos. Sin embargo, y a pesar de todos estos cambios trascendentales, que de hecho marcan épocas y estilos, la evolución de las artes en relación con las ciencias exactas y aplicadas ha sido mínima. Por eso es de vital importancia afirmar que hoy día las artes deben de ponerse al día de una forma total y trabajar con los instrumentos más eficaces, según hemos ya dicho. En tal sentido, la computadora y su utilización e incorporación como útil de trabajo al campo de las artes es una tendencia y un deseo compartidos por numerosos artistas, que ven en ella una solución a problemas complejos cuya resolución supondría mucho tiempo y vasto conocimiento científico.

El campo de utilización de estas máquinas es verdaderamente colosal, abarcando desde el figurativo más académico hasta las composiciones más atrevidas al estilo de Mondrian o de Pollock, observando cómo estas composiciones intuitivas individualmente por los pintores tienen un planteamiento formal riguroso de acuerdo con unas leyes matemáticas, probabilísticas o físicas.

Así planteado el problema, podemos pensar en utilizar la computadora dando un sentido riguroso a la investigación de formas plásticas (investigación que creo inédita y muy importante). Inmediatamente se nos plantea la pregunta: ¿cuál es el objeto de dicha investigación? La respuesta no tiene espera: dar un nuevo y radical planteamiento a las artes, incorporando a las mismas los principios científicos mediante los cuales podamos obtener determinadas formas plásticas que se ajusten a unas leyes de composición y desarrollar dichas formas utilizando dichas leyes.

Muchos pensarán que este esfuerzo de investigación va en contra de la esencia misma del arte y que lo deshumaniza, sometándolo a reglas y leyes todavía más estrictas que las que anteriormente conocía el hombre, pero los que así piensan pierden de vista (quizás porque no han sido iniciados en este terreno) la belleza que se puede encontrar en determinadas formas

matemáticas representables por medio de ecuaciones más o menos complejas. Entonces, ¿es que el arte se va a convertir en una ciencia pura como puedan ser las matemáticas? A esto contestamos que no, pero también pensamos que las ciencias exactas y aplicadas pueden prestar una gran ayuda al arte a encontrar nuevos caminos, enriqueciéndolo hasta límites sorprendentes para el mismo artista.

Naturalmente, en esta investigación los obstáculos con que chocamos son múltiples, ya que si queremos darle un planteamiento formal y riguroso, necesitaremos unos conocimientos básicos matemáticos, conocimientos que en muchos casos es prácticamente imposible adquirir, pues supondría toda una vida de estudio, y para resolver este problema tenemos las computadoras.

Hoy día la programación de formas y de familias de curvas por medio de computadoras es un problema relativamente sencillo, pero que requiere conocer dichas curvas; sin embargo, el avance de la técnica en este terreno nos ha proporcionado aparatos tan útiles como el *display*, que consiste en una pantalla sobre la cual tenemos una representación gráfica del problema a estudiar y que podemos modificar a voluntad sobre la misma utilizando un lápiz electrónico *pen-light*, con el cual modificamos las coordenadas del dibujo directamente sobre la pantalla, obteniendo el resultado apetecido. Vemos, por tanto, que esta investigación trae consigo la necesidad del trabajo en equipo entre los científicos y los artistas.

Algo análogo pasa con los módulos arquitectónicos y con su investigación, pero, ante todo, ¿qué es un módulo? Pues sencillamente podemos definir como módulo a toda forma, simple o compleja, que se ajuste a unas leyes de composición y que cumpla determinadas condiciones restrictivas.

El problema del estudio de los módulos arquitectónicos y su aplicación a la vida real, considero que es de gran importancia, por lo que puede tener de aportación para crear una nueva estética. Naturalmente, este estudio individualmente es casi impracticable, en el sentido de que se llega a resultados muy limitados; esta limitación nos la resuelven las computadoras, las cuales nos dan el número exacto de combinaciones que se pueden hacer de un módulo simple. Naturalmente, el pretender dar forma a todas ellas es una tarea casi irrealizable, pero sí podemos analizar aquellas formas que pueden resultar importantes y realizables.

Como ya hemos dicho anteriormente, se impone el trabajo de equipo y la colaboración entre los hombres de ciencia y los artistas en este intento de conseguir darle a las artes una nueva visión, enriqueciéndola con nuevos principios y criterios, introduciendo nuevos conceptos y basando dicha investigación en una gran comunicación de los métodos y de los resultados obtenidos.

Creo que romper con el conservadurismo en que el arte ha estado encerrado será difícil y que no será tarea fácil tampoco la generación de formas plásticas, pues exigirá una dedicación y también un cambio de mentalidad en la concepción del arte; pero juzgo importantísimo el nuevo camino que tiene el arte planteado ante sí, y todavía más importante desarrollarlo al máximo utilizando siempre los principios y métodos más modernos, que aunque no nos den soluciones definitivas nos abran nuevos caminos por los cuales puedan discurrir las artes, sacándolas del inmovilismo en que se han mantenido con relación a las ciencias y dándoles un mayor dinamismo.

7.2.11. Tomás García Asensio. «Aproximación a un intento de informatizar la plástica» (1986)¹.

INTRODUCCIÓN

Con este trabajo pretendo contribuir a la comprensión de un fenómeno que dentro del panorama artístico español ha tenido una identidad nada desdeñable. El seminario de Generación Automática de Formas Plásticas ha sido el primer intento colectivo en nuestro país de dar respuesta a una cuestión de tremenda actualidad; se trataba, en definitiva, de saber si la informática, que ha invadido prácticamente todos los campos de la actividad humana, afecta o no al ámbito artístico, y de qué manera.

He consultado una buena parte del material que dicho seminario ha generado y creo que el perfil que parece desprenderse es muy distinto del que como testigo y «cómplice» tengo del mismo, por lo que es posible que sea interesante el que exprese mi particular punto de vista. No sólo cuento lo que sé, sino que voy a tratar de dejar bien determinadas aquellas lagunas que, si bien no puedo llenar, me consta o sospecho que existen.

Me parece necesario hacer una salvedad: es mi detestable tendencia desmitificadora, que puede tener un efecto corrector, pero que aplicada con poco tino puede resultar tan deformante como la mitificación misma.

¿ÉXITO, FRACASO O TODO LO CONTRARIO?

El seminario de Generación de Formas Plásticas en el Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid constituyó un fenómeno en la vida artística del país de muy difícil evaluación. Creo honradamente que no se puede decir que constituyera un éxito, ni tampoco un fracaso indiscutibles, ni muchísimo menos algo intrascendente.

No se produjo una sensación de éxito porque las expectativas que se despertaron nunca resultaron satisfechas; la informática ha revolucionado el cálculo científico, alcanzándose por ella cotas que de otro modo no hubiera sido posible. Hay una infinidad de ejemplos: ni la física de las partículas elementales, ni la astronómica serían lo que son ni tendrían las expectativas que tienen. En el campo de la administración y de la economía su implantación y la revolución que ha impuesto es impresionante, sobre todo porque el ciudadano de a pie tiene un contacto directo con el fenómeno: resulta prodigioso el que pueda sacarse dinero de una máquina con una tarjeta de plástico.

Desde tal perspectiva, los logros obtenidos en el seminario fueron muy pobres, el techo inmediato se logró enseguida y un mayor progreso resultó imposible.

Tampoco está claro que fuera un fracaso, ya que seguramente se puso de manifiesto hasta qué punto el esperar una revolución en el arte mediante ordenadores pudiera ser una expectativa *snob* y con pocos fundamentos reales; el pensamiento artístico es tan complejo, tan impreciso, tan profundamente subjetivo que mal puede estandarizarse con tan escaso fundamento objetivo. La gran diferencia entre ciencia y arte es que la ciencia descubre las leyes que rigen el funcionamiento de lo que existe; la misma ley de la gravedad es aplicable a la caída de un lápiz y al giro de la Tierra en torno al sol, pero ¿cuáles son las leyes que rigen los fenómenos artísticos?, ¿cuál es la razón por la cual un cuadro ejerce un efecto cautivador sobre unas personas y deja frías a otras?

Pero la pelota sigue en el tejado, y es por esto que tal episodio no se ha olvidado, y después de diecisiete años del inicio del seminario, que duró con rigor un par de años, sigue vivo el recuerdo en la gente interesada por la plástica.

La primera noticia de la existencia del seminario la tuve en un coloquio que se celebró a propósito de una exposición que compartí con Manuel Quejido en la Escuela de Arquitectura de Madrid en 1969, organizada por Julián Gil. Si bien mis cuadros de aquella época estaban en la misma línea que los actuales, los de Quejido, en cambio, pertenecían a una estética co-

¹ Trabajo inédito presentado para el curso monográfico de doctorado *Concepto, estructura y posibilidades de un museo moderno*, dirigido en la Universidad Complutense de Madrid por el Dr. Luis Alonso Fernández durante el curso 1985-86.

mún entonces, pero muy distintos de los que hace ahora. La noticia y la invitación a participar surgieron de Javier Seguí; atendiendo a dicha invitación nos incorporamos al seminario de inmediato, muy al principio, por lo que he sido testigo atento de su desarrollo en el periodo más fructífero, hasta el verano de 1970 en que me fui a vivir a Puerto Rico, sin que por ello rompiera con la vida, ya muy lánguida, del seminario. Por este motivo no puedo dar testimonio de su muerte, que debió acontecer en 1972.

Las reuniones del seminario eran abiertas, y si bien la participación no era regular para todos sus miembros, ya que unos desarrollaban una actividad permanente e intensa, mientras que para otros era más circunstancial, de todos modos esa aportación eventual enriquecía las reuniones de forma relevante.

La apertura que caracterizaba al seminario, cuya única formalidad aparente la daba el calendario, no la privaba de una fuerte jerarquización.

EL NIVEL JERÁRQUICO SUPERIOR

El organigrama «fáctico» no estaba precisado en todos sus detalles y creo que es susceptible de interpretación; la mía es la siguiente:

El director del Centro, Florentino Briones, el subdirector, Ernesto García Camarero, y el delegado de la empresa IBM, Mario Barberá, constituían lo que podríamos llamar la «cúpula».

La función principal de esas personas era la de hacer funcionar el seminario, y en esa labor animadora eran muy activos. El trabajo de cada uno no estaba claramente parcelado, ni fue regular en el tiempo. Los dos primeros cursos el alma del seminario parecía ser García Camarero. Después de este periodo, el seminario decayó ostensiblemente, García Camarero pareció desinteresarse del tema y se inició una etapa de protagonismo de Florentino Briones. Cuando éste pasó a la Facultad de Informática y García Camarero lo sucedió en la dirección del Centro, el seminario desapareció.

El director del seminario era García Camarero. Su capacidad para desarrollar un programa de orden estético en nada desmerecía de la de informático. Este es un rasgo muy importante, ya que me parece raro encontrar en un técnico ideas tan claras de lo que es una problemática de orden artístico, con lo cual el entendimiento con los artistas no tenía la más mínima traba. En tal sentido, habría que decir que la relación no era recíproca, ya que los artistas no hacían uso directo del ordenador, siendo rarísimas las excepciones, como comentaré más adelante.

Florentino Briones participó en el seminario, entre otras muchas formas, en cuestiones de detalle. Puede servir de ejemplo el que desarrollara el programa de Barbadillo como cosa propia, adoptando lo que podríamos llamar una actitud de artista, a diferencia de García Camarero, que jamás descendió al detalle, por lo que pude observar.

El tercer hombre es Mario Barberá, delegado de IBM en el Centro. Quizá sea necesario decir que dicha empresa hizo donación del equipamiento de informática del Centro a la Universidad, constituyéndose un Patronato y siendo el vínculo personal entre IBM y la Universidad el referido delegado.

Esta persona es también un cualificado técnico informático y un atento observador del mundo de la plástica. Sirva como anécdota indicadora de su atención por los asuntos artísticos la insólita colección de obras de arte que reúne bajo el nombre *Huevos de grandes maestros*. Se trata de una colección de huevos de avestruz pintados por artistas de renombre, cuyo ejemplar más sobresaliente será seguramente uno de estos huevos pintados por Joan Miró.

El papel de Barberá dentro del seminario parece que fue el de activo animador, propiciando, entre otras cosas, el difícil adiestramiento informático de los artistas, tarea en la que no tuvo mucho éxito, y no por su culpa precisamente.

EL SEGUNDO NIVEL JERÁRQUICO

Un segundo estrato, por debajo de esa cúpula, lo formaron los artistas que en última instancia serían los encargados de dar sentido al experimento. Ellos deberían aportar las pruebas del éxito que se esperaba alcanzar. Tengo idea que fue Alexanco quien tuvo noticias de que el Centro ofrecía becas y alertó a Barbadillo para que solicitara una de ellas, pensando, supon-

go, que la obra de éste se adecuaría más al caso que la suya propia. Alexanco también fue becario e hizo gala de un enorme tesón y estoy convencido de que fue quien desarrolló un trabajo más importante en torno a unos supuestos que no parecían los más propicios, ya que sus formas orgánicas no parecían adecuarse al tratamiento informático como aquellas otras de carácter geométrico. De todos los artistas fue el único que aprendió a programar y a elaborar sus propios programas, llevando a cabo, sin duda, el trabajo más riguroso. Yo no sabría decir si sus trabajos fueron coronados o no por el éxito; logró obras de indudable calidad, pero es difícil saber en qué medida tal calidad depende del tratamiento informático. Partía para tales obras de un esquema o especie de boceto que dividía en curvas de nivel. Una de cada dos era sustituida por otra calculada por el ordenador, tomando como base para ese cálculo los datos de las curvas entre los que estaba comprendida. El resultado de este proceso era una figura dividida en curvas de nivel donde se alternaban las aportadas como datos con las curvas calculadas. Repitiendo el proceso y sustituyendo las curvas iniciales por las calculadas a partir de las obtenidas por el primer cálculo, obtenía unas figuras que podría decirse que habían sido pulidas informáticamente. Luego obtenía diversas perspectivas bidimensionales automáticamente de la figura tridimensional. No sé si este uso es o no satisfactorio, ya que con frecuencia se espera de los ordenadores, no el que constituyan un mero medio auxiliar, sino el que fabriquen las obras de un modo autónomo, como una especie de «zombi» mecánico al servicio del artista. Desde luego esa meta nunca fue alcanzada, ni por Alexanco ni por ninguno de los otros artistas.

Barbadillo constituyó la gran baza, ya que sus planteamientos parecían ajustarse como anillo al dedo a las expectativas del momento, y la verdad es que no quedaron defraudadas. Como ya he dicho, el propio Briones se ocupó de elaborar el programa correspondiente y en una de las exposiciones que se celebraron el ordenador vomitaba sin freno *barbadillos* a miríadas.

El programa de Barbadillo puso de manifiesto la gama de posibilidades y de limitaciones que para finalidades artísticas tiene el ordenador. En primer lugar, quedó claro que los bocetos eran auténticos bocetos de su autor, y que el ordenador es un medio auxiliar poderoso al liberarlo de una tarea previa indispensable, pero la liberación quedó de algún modo disminuida por la fatigosa tarea de selección entre tan ingente número de bocetos, que jamás hubiera obtenido de modo convencional.

La primera limitación importante que se pone de manifiesto es que no parece posible establecer objetivamente aquellos criterios que hacen aceptables unos bocetos y rechazables otros para el autor. No obstante, de esta limitación podría surgir una cualidad: es la posibilidad de dejar abierta de tal modo la obra que sea el público el que ejerza la función de aceptar o rechazar en razón de sus propios gustos dentro del ofrecimiento global del artista. Llevado a la caricatura es aplicar el principio de la muñeca repollo, o dicho más seriamente, permitiría aplicar el paradigmático principio de la *opera aperta*.

Pero para eso sería necesario que la máquina produjera obras terminadas y no bocetos, lo cual sería un inconveniente superable, siempre y cuando los terminales fuesen adecuados para el caso, pero eso choca con obstáculos de orden económico, ya que la plástica tiene un rol marginal y secundario en la sociedad que imposibilita esta clase de realizaciones, pero técnicamente seguramente son posibles, como puede intuirse si consideramos el prodigio que imponen, por ejemplo, los tornos computarizados o los *plotters* que elaboran dibujos técnicos perfectos, perfectamente rotulados, apenas distinguibles de los que pudiera hacer un delineante, pero a velocidad de vértigo y a partir de cálculos efectuados por el propio ordenador. El robot que pinte cuadros o haga esculturas es algo seguramente posible, pero que no veremos jamás.

De lo dicho anteriormente podemos deducir otra limitación del seminario que permanece oculta, y es que quizás fue demasiado académico. Las obras plásticas, aunque tengan etiquetas vanguardistas pueden ser terriblemente convencionales y conservadoras. Quizás no se debió enfocar el tema del arte auxiliado por ordenador aplicándolo a cuadros y a esculturas, sino respecto a la televisión (algún tiempo después fue la época de los vídeos experimentales), y quizás por ahí debieron ir los tiros. Quizá se hizo un cálculo corto de posibilidades, y no eran

los artistas geométricos, sino otros que emplearan otra clase de imágenes, los que deberían haber sido convocados. De hecho, donde la aportación del ordenador en el terreno artístico ha sido verdaderamente fantástica, y en el campo de la televisión, vemos a diario esas imágenes que desde un punto se acercan como un torbellino hasta ocupar la pantalla y luego vuelven a perderse en un punto, o aquellas otras que, despegándose como una hoja de un libro, se curvan enseñando el reverso y desaparecen, girando, en el infinito. En los *videoclips* y en muchos anuncios el empleo del ordenador produce imágenes y secuencias que denotan una gran madurez en el empleo de la informática con propósitos estéticos.

Pero volviendo a lo que fue, y apartándonos de lo que pudiera haber sido, quiero recordar ahora que Eusebio Sempere fue el artista de más reconocido prestigio que participó en el seminario y que formó con los otros dos mencionados hasta el momento lo que he llamado el segundo nivel jerárquico o estrato más importante después del equipo director.

Malévolamente pienso que se cultivó la buena imagen pública de Eusebio y su gran curiosidad por el tema. Briones hizo un programa de unas curvas repetidas que, podríamos decir, es lo primero que se le ocurre a un ordenador, con muy escaso interés, y más tarde un ingenioso programa que permitía redibujar una imagen sustituyendo los grises por blancos cuando la masa que tenía más cercana era oscura; aplicó la foto a un programa de Sempere y resultó un autorretrato de Sempere. Lo que ocurre es que el autorretrato lo había hecho verdaderamente Briones.

LA SEGUNDA FILA DEL SEGUNDO NIVEL

El referido primer estrato de artistas funcionó como una red protectora de circo, para que un segundo estrato trabajara libremente sin que el riesgo al fracaso fuera demasiado peligroso. Sin embargo, hay un artista de difícil clasificación: Lugán. Su «nicho ecológico» no lo comparte con nadie. Como dice Briones en el catálogo de *Formas computadas*, a todos los artistas les interesa el *software*, los programas, etc., mientras que a Lugán le interesa el *hardware*, la máquina misma.

Recuerdo que en una de las exposiciones celebradas en el Centro de Cálculo, exhibió una obra fabricada a partir de una lectora de cinta anticuada a la que con leves transformaciones le dio aspecto antropomórfico, de modo que los ejes que movían las bobinas parecían ojos, utilizó su mecanismo para animar los elementos funcionales añadidos, resultando una especie de robot ocioso y gruñón, ya que estaba dotado de una antena interna que ante la presencia de espectadores emitía unos gruñidos indescriptibles. Como la exposición se celebró en el propio Centro y no había personal para atender a los visitantes, nos turnábamos los expositores, que a veces estábamos grandes ratos con la sola compañía del robot de Lugán, el cual debía ser sensible a los cambios de humedad o de temperatura, de modo que alternaba periodos de placidez con otros de extraordinaria excitación, y recuerdo que en algún relevo de tan artística guardia algún compañero exclamaba: «¡Qué barbaridad! ¡Hay que ver cómo se ha portado esta tarde el robot! Llegaba a asustar a los visitantes». Si me he extendido con esta anécdota es porque creo que el mito de Frankenstein subyace en el fenómeno del ordenador, que no es más que la irresistible tendencia a antropomorfizar todo lo que se mueve o sufre transformación, todo aquello de lo que se dice que está animado; por eso, todo ordenador o tarea de éste que tenga aspecto humano satisface y subyuga y defrauda cuando esa humanización no alcanza la esperada intensidad.

Volviendo a ese segundo estrato de artistas, y considerando que fueron los dos cursos comprendidos entre 1968 y 1970 la época dorada del seminario, los artistas que participaron fueron, además de los mencionados, los siguientes: Amador, Elena Asins, Tomás García, Abel Martín, Quejido, Eduardo Sanz, Javier Seguí, Soledad Sevilla e Yturralde. Esta relación la saco del catálogo de la primera exposición, pero había más artistas (así hay que destacar la participación muy activa del arquitecto José Miguel de la Prada). En el segundo curso se incorporan Gerardo Delgado y Gómez Perales.

Seguramente al artista que el ordenador le resultó un medio auxiliar indispensable fue Manuel Quejido. En la exposición que compartimos y que mencioné al principio, tenía unos trabajos interminables, secuencias de infinidad de grupos de círculos, cuya elaboración ima-

gino que debió ser angustiosa, por lo que poder contar con un ordenador debió ser una ayuda verdaderamente inestimable. Por otra parte, el producto de salida era del todo válido, ya que el interés de esas obras no radicaba en sus cualidades materiales, sino en la información de su proceso y éste se producía sin interferencia alguna.

El trabajo de Yturralde tenía un cierto parecido estructural con el de Barbadillo, aunque resultó menos espectacular. Estaba en relación con el trazado de polígonos imposibles. Se analizó el fundamento de tales formas, la ambigüedad de los trazos correspondientes a las aristas de las barras que forman los lados y la manera como en los ángulos se relacionan las líneas que determinan tales aristas.

Soledad Sevilla hizo estudios sobre módulos, en cierto sentido semejantes a los de Barbadillo, pero transparentes, de color y superpuestos. A partir del segundo curso se ocupó del estudio de redes, según planteamientos desarrollados por Briones. De este asunto se ocuparon también los Seguí [Ana Buenaventura y F. Javier Seguí de la Riva].

Gómez Perales sistematizó la configuración de las obras de modo automático. Gerardo Delgado desarrolló un programa simple pero eficaz, consistente en dibujar sobre una cuadrícula cuadrantes de circunferencia que debían cumplir dos condiciones: una, que fueran tangentes, y otra, que no llegaran a cerrarse. Del grupo de dibujos resultante escogía los que les parecía más convenientes, con cada uno de ellos mandaba troquelar varias cartulinas de distintos colores que, al superponerlas, girando unas respecto a otras sobre otra de fondo sin troquelar, conseguía obras de diversos colores y de gran calidad. En todos estos trabajos el uso del ordenador estaba sin duda justificado.

Quiero referirme ahora a mis propios trabajos, que tenían como finalidad el tratamiento automático del color, y aunque se terminó una fase, en ella no pretendía más que probar que este tipo de trabajos era posible, y efectivamente esa posibilidad quedó probada, aunque los supuestos necesarios para su desarrollo completo en esa época no estaban a punto, ni después de todos estos años lo están completamente, aunque he seguido trabajando en ello y el avance creo que es importante. No me parece necesario hacer una descripción detallada del programa, pero a grandes rasgos diré que desarrollaba dos gamas de colores, desde el amarillo, el más claro, al azul, el más oscuro. En aquella ocasión no se contempló la posibilidad de considerar diversos grados de saturación y cromaticidad, es decir, de colores blanquecinos, grisáceos y ennegrecidos, pero era un problema perfectamente abordable. Entre esos dos colores se desarrolla una de esas dos gamas que sería directa a través de los verdes y otra indirecta a través del rojo, estableciéndose una gradación de luminosidad que tendría dos colores por lo menos para cada valor. En las experiencias llevadas a cabo a partir de un dibujo dado, se establecía una razón, directa o inversa, entre la luminosidad del color y el área ocupada, y estableciendo unos tamaños iniciales relativos y una de las dos vías, se obtenían como resultado unas indicaciones de formas y tamaños concretos, así como los colores exactos de una gama preestablecida.

Para este trabajo, como para la mayoría de los otros, se echaba de menos el resolver un tema que de modo muy explícito planteó, aunque no resolvió, José Miguel de la Prada Poole, en lo que él llamó el «estetómetro», vocablo irónico inspirado por García Camarero. El tema lo desarrolló en un artículo aparecido en un volumen publicado en francés, en 1970, por el Centro de Cálculo, *L'ordinateur et la créativité*. En este trabajo, que lleva por título «Introduction a l'esthétométrie hypothétique», De la Prada pone de manifiesto los condicionamientos que afectan al fenómeno artístico, aunque concluye, en definitiva, tirando la toalla.

[...] Además de las personas mencionadas, otras contribuyeron de modo importante al seminario. Ignacio Gómez de Liaño era el coordinador y el redactor de las reseñas que aparecieron en el Boletín del CCUM. Además, contribuyó de modo importante en el plano teórico. Otras personas cuya intervención fue importante fueron los becarios que confeccionaron muchos de los programas.

EL FUNCIONAMIENTO DEL SEMINARIO Y LAS PUBLICACIONES

[...] [Las] últimas reuniones eran una especie de clases donde los miembros del seminario parecían alumnos que atendían al profesor, personificado por Briones. En el Boletín nº 16 del

Centro, de julio de 1971, se aprecia un claro desencanto y hasta desconcierto que presagiaban un próximo final. Uno de los motivos de esa «derivación escolar» de las reuniones, aparte del abandono de personas que con anterioridad trabajaron con entusiasmo, fue el convencimiento de Briones de que mientras los artistas no supieran programar y tuvieran que depender de otros programadores, el experimento sería un fracaso.

Seguramente la experiencia se produjo demasiado pronto; en aquella época el computador personal seguramente estaba en sus balbucesos. [...] La expansión que los ordenadores han alcanzado hoy es algo que entonces rebasaba con mucho los pronósticos más optimistas; de todos modos, tampoco está claro que con los medios actuales se pueda llegar mucho más lejos, porque muchas de las limitaciones que había entonces continúan ocurriendo hoy [...].

7.2.12. Ignacio Gómez de Liaño y Guillermo Searle. «Pintura y perceptrónica. Estudio de transformaciones en pintura» (*Boletín* n° 22, CCUM, marzo 1973, págs. 73-93).

1. LA PINTURA COMO OJO ARTIFICIAL

No siempre se vio *con* los ojos; basta leer a Homero para enterarse de que en aquellos tiempos se veía *en* los ojos. Como si dijésemos que entonces al ojo no se le consideraba el *instrumento* para ejercitar un poder, sino la ventana o pantalla *donde* se suceden las impresiones luminosas de las cosas, el lugar donde se imprimen las huellas y afecciones visuales de los objetos.

Dentro de esta perspectiva —¡perspectiva: inevitable alusión a la historia del ojo!—, podemos considerar pinturas y cuadros como materializaciones artificiales del ojo. En este caso diríamos que se trata de un ojo destilado en el razonamiento, en la mente, seleccionado a partir del arsenal de todas las imágenes posibles, y, por último, que todo ese conglomerado de imágenes es hecho objeto de elaboración, campo para la invención y la poesía.

En nuestros días, esa ciencia novísima que se llama «Biónica» se dedica a la investigación de los procesos tecnológicos específicos —y uno de ellos sería la pintura, aun cuando no se reduzca a mera tecnología—, tomando como punto de mira, como mapa orientador, los procesos y mecanismos biológicos. Los sistemas físicos resultan más transparentes, explícitos y sucintos que los biológicos, pero es la finura y complejidad de estos lo que aparece ante el tecnólogo como desiderátum y fuente de sus invenciones y realizaciones técnicas. La biología se hace, de este modo, prototipo y plataforma, modelo y trampolín. Presentando estos nuevos títulos podemos ahora decir con toda pertinencia que «vemos la pintura en los ojos».

Este planteamiento, de apariencia tan novedosa y original, tiene su genial anticipación —hace casi medio milenio— en la obra de Leonardo de Vinci. Basta abrir su *Tratado de la Pintura* para advertir al punto la complicidad en la que pone al ojo y a la pintura. En más de cien ocasiones le servirá el ojo como modelo natural de su ciencia y arte pictóricas.

En un aforismo recogido al azar leemos que «la pintura se cimenta en la perspectiva, que no es sino el arte de representar lo que se ve, o sea, de hacer objetos parecidos a los que contemplamos con los ojos» (aforismo 125). En otro aforismo nos dice que el ojo viene a ser el sol que se refleja en las aguas de la pintura («Del sol que tiene al agua por espejo», aforismo 216). La genealogía de este punto de vista puede rastrearse también en Leon Battista Alberti, si es que fue él, como pretende, el inventor de la retícula cuadriculada para fijar geométricamente en el plano los datos que nos proporciona la visión tridimensional (véase el principio de *Los tres libros de la pintura*, edición de Rejón de Silva, Madrid, 1784; estos libros están precedidos por el *Tratado de la Pintura* de Leonardo).

Pero es el mismo Leonardo quien insiste en el carácter «filosófico natural» de la pintura, en su carácter mental (aforismo 87). De la pintura dice taxativamente que es «razonamiento mental mayor». Sin por ello olvidar la abertura inventiva que el artista pone en obra por encima de los condicionamientos morfológicos (aforismo 77). Si agregamos a esto sus ideas sobre la fuerza y el movimiento, principios que todo proceso físico-técnico que produzca pintura ha de tener en cuenta, nos encontraremos con una concepción tecnológica a la vez que poético inventiva de la pintura sorprendentemente actual.

Podemos considerar a las ventanas —ojos del edificio—, o a la red que usa el pintor, como otras tantas extensiones del ojo. Y a esta red podemos tomarla como una suerte de retina artificial a la que se trasladan las propiedades geométricas del objeto que se nos presenta desde un determinado punto de mira. Una vez efectuado este traslado podemos afirmar que la pintura es, técnicamente, un acontecimiento mensurable, un orden determinado de grados de luz y de tonos de color. Con nuestro trabajo hemos pretendido simular, a escala reducida, y empleando el ordenador electrónico, algunos momentos de este proceso perceptivo. Mas, no se trataba solamente de simular, sino también de jugar, de acuerdo con unas reglas de juego definidas, con ese proceso perceptivo artificial.

2. ANÁLISIS Y GENERACIÓN EN PINTURA, Y UNA RUDIMENTARIA APORTACIÓN DESDE EL GRECO

El trabajo que a continuación presentamos no ha de ser mirado como una puesta en práctica exhaustiva ni siquiera considerable del punto de vista de la pintura que hemos expuesto en el epígrafe anterior. Es simplemente uno de los experimentos posibles, un uso particular de un concepto de alcance mucho más largo.

En un comienzo lo que nos propusimos fue el estudio morfo-sintáctico de la pintura, establecer un método analítico eficaz, a fin de llegar a fundamentar una gramática generativa de la pintura. Elegimos el *Apostolado* del Greco que se encuentra en Toledo, suponiendo que en todos los cuadros hallaríamos una estructura profunda común y bastante sencilla. A continuación, nos resultaría hacedero definir cada cuadro mediante una serie de reglas de transformación (topológicas y métricas, sobre todo). El logro completo de este planteamiento estaría en que llegásemos a traducir matemáticamente, no un cuadro, cosa no especialmente difícil, sino las reglas transformacionales de generación de todo cuadro.

Aunque nuestra investigación no siguió este rumbo, creemos poder aventurar algunas apreciaciones sobre un trabajo de este tipo. Una de las dificultades mayores está en conjugar la semántica o significación de una figura y su sintaxis formal. Por ejemplo: ¿cuáles han de ser las características sintáctico-formales de una cabeza? El problema así planteado es punto menos que insoluble, pues el semantema «cabeza» puede exteriorizarse en los perfiles más variados, los trazos pictóricos pueden ser más o menos exactos, etc. Esta metodología semiótica es mayormente problemática cuando lo que se nos presenta son cuadros complicados y de grandes proporciones. Así, en *Las lanzas* una cabeza lejana puede presentar rasgos formales muy parecidos a los de un detalle del paisaje o de la silla de montar de un caballo.

Si nos centramos exclusivamente en el nivel morfo-sintáctico, el análisis es mucho más fácil, pues, en ese caso, definir un cuadro podría ser con todo derecho indicar ausencias o presencias (+ o -) de luz o pigmentos en cada cuadro de la retícula, es decir, servirse con provecho de las coordenadas cartesianas, por ejemplo, como definición del *estado* pictórico A, y de las transformaciones de esas coordenadas para representar otros estados pictóricos B, C... N. Estos procedimientos son esencialmente topológicos y métricos. Aún podríamos agregar un tercer método, el estadístico, para definir las características formales de una pintura. Max Bense ha llamado a aquellos procedimientos «macroestéticos», y a los estadísticos «microestéticos», siguiendo, como es fácil ver, una analogía extraída del dominio de la física. Definir microestéticamente una pintura sería determinar la cantidad de información que tiene, ya el cuadro dentro de un repertorio de cuadros, ya una determinada forma, color o elemento del cuadro, dentro de la pintura en cuestión o del conjunto pictórico de un autor, época, etc. Digamos a este propósito solamente que la cantidad de información es una medida de probabilidad. Tanta más información tiene un elemento cuanto es menor la probabilidad de aparición de ese elemento, y cuanto mayor es el conjunto de elementos del repertorio.

He ahí, pues, someramente expuestos, algunos procedimientos para entrar en el estudio morfosintáctico de la pintura.

Pero el problema, como hemos dicho, reside en el acoplamiento de semántica y sintaxis, en la definición de los elementos formales que son necesarios para que a un objeto lo «reconozcamos» como tal. Que las dificultades son serias nos da una idea de ello el incremento que

han tenido en estos últimos cinco años los estudios de *pattern recognition*, sobre el fenómeno de reconocimiento semántico de estructuras o pautas formales.

3. RETINA HILEMÁTICA

La vía de acceso que adoptamos en nuestro trabajo es una cierta simulación del funcionamiento del ojo, más exactamente de la parte fotosensible del ojo que se llama retina. Como es sabido, esta superficie, sembrada de conos y bastoncillos conectados sinápticamente con terminaciones nerviosas, es la encargada de recoger el haz de luz que proyectan los objetos. Las «pirámides» luminosas de los objetos pasan a través de la córnea y el cristalino al interior del globo ocular —verdadera cámara oscura biológica—, inciden en la pared posterior, donde activan determinados mecanismos nerviosos que se encargan de transmitir la imagen al cerebro por el nervio óptico. Obviamente no entraremos aquí, ni sabríamos cómo entrar, en los mecanismos biológicos de codificación y de transmisión de la imagen visual desde la retina al cerebro.

La manera más sencilla y eficaz de representar una retina era la ideada por L. B. Alberti y magnificada por Leonardo, una red o retícula. Sobre ella proyectamos (sirviéndonos de un proyector de diapositivas) el cuadro en cuestión. En cada uno de los vanos o cuadraditos de la red escribimos un número, en una escala de 0 a 5 de intensidades de grises desde el blanco 0 al negro completo 5. Otro tanto hicimos con los colores, pero después no procedimos a ninguna elaboración ulterior (Searle y Cienfuegos tienen un trabajo de este tipo empleando colores, hecho a partir de la *Maja desnuda* de Goya).

Y de esta sencilla manera teníamos ya una convincente objetivación geometrizada de un cuadro. Bastaría después con encadenar matemáticamente los datos, y con codificarlos para el uso del ordenador. Seguidamente, mediante un programa, la impresora del ordenador o en su caso el «trazador» o *plotter*, sacaría la reproducción de los cuadros en cuestión.

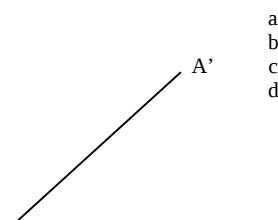
Señalemos que el nivel en que se apoyaba este trabajo no era ni morfosintáctico ni semántico, sino «hilemático». Eran las unidades de materia o hilemáticas las que teníamos en cuenta, así como su distribución espacial. Esa era la desnuda información de nuestros ojos, y era esa la información que introducíamos en el ordenador.

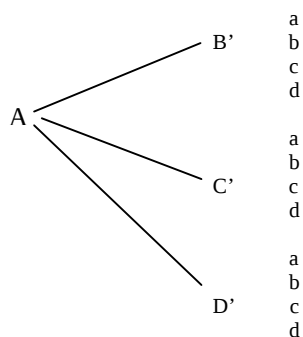
Pero, ¿qué ocurre con el ojo miope o hipermetrope? Fisiológicamente es bien sabido: por perturbaciones en la longitud del eje principal del globo ocular, la imagen, en esos casos, se imprime con deformaciones. Desde un punto de vista formal, lo que ocurre no es ni más ni menos que una *modificación de la imagen respecto a la imagen normal*. Esto fue lo que nos interesó: modificar de acuerdo con unas leyes determinadas la «imagen normal» de un apóstol del Greco. Aparte de lo que este ejercicio supone como juego, invención o creación artística, podríamos igualmente servirnos de él para determinar el *momento transformativo* en el que la figura o apóstol resulta *irreconocible*.

Pero la modificación, el cambio, en los procesos físicos equivale a la presencia agregada de una fuerza. Así modificamos un estado físico en reposo mediante cierto impacto. Normalmente, el estado físico perturbado tenderá a volver al estado de reposo, pero lo que podemos hacer es «aprehender», inmovilizar el instante del cambio, es decir, discretizarlo, y representarlo gráfica o matemáticamente. Podemos decir que se trataba de «escribir» el cambio.

Fue a la acción de una de estas fuerzas modificadoras a la que sometimos a cada apóstol y al Salvador del Greco. Podemos llamarla «fuerza de neutralización progresiva». Mediante ella fuimos neutralizando las variedades hilemáticas, o, más exactamente, las intensidades de gris de conjuntos definidos de hilemas, hasta llegar a su estado más neutro.

Vamos a describir el proceso de «neutralización» partiendo del esquema siguiente:





A es el conjunto de las divisiones reticulares hechas en el cuadro. A', B', C', D', a, b, c, d, etc., serán respectivamente subconjuntos del conjunto A. Tomamos como unidad de neutralización la cuadrícula más simple

a	b
c	d

la que hallamos la media,

$$A' = (1/4) (a + b + c + d).$$

Gráficamente, podemos representar el proceso así: [Fig. 5.32 a, pág. 186]

La regla de neutralización se lleva a efecto hasta llegar a un estadio donde no se pueda operar una neutralización más. Esto ocurre en el estadio o fase 5, y ello se debe a que tenemos una trama con 96 por 80 retículos, de modo que: [Fig. 5.32 b, pág. 186]

Este es, en resumidas cuentas, el proceso de neutralización. Con él lográbamos conservar y uniformar las cantidades de información de los elementos, dar a la multiplicidad del cuadro una cierta simplicidad profunda. No es menos importante el hecho de que mediante este procedimiento se ofrece una muestra experimental para el estudio de *pattern recognition*. Era interesante ver las salidas del ordenador y poder comprobar con los propios ojos las transformaciones que pueden hacer de un apóstol del Greco: un apóstol cubista analítico, cubista sintético, e incluso un apóstol ¡«visto» por Mondrian!

4. DEL OJO ARTIFICIAL AL OJO INVENTOR

El ojo artificial no es más que el sensor formado por todos los predicados lineales que se le pueden atribuir, como con más precisión declarará M. Minsky [...].

De los predicados que Leonardo atribuye a la pintura: medida e invención, sólo nos hemos detenido hasta ahora en lo que podemos llamar inteligencia cuantitativa o cartesiana de la pintura. Esta inteligencia cartesiana permite múltiples desarrollos como cuantificaciones de diferentes tipos de perspectiva, o ya en una visión «microestética», la cuantificación estadística de cuadros o sus elementos, la fijación estadística de «umbrales» para el reconocimiento de un morfema determinado (problema de *pattern recognition*).

Vayamos a la invención. ¿La invención tiene reglas? Responderemos que hasta cierto punto. Propiamente la invención no reconoce reglas, pero tan pronto como lo inventado adopta una forma, se materializa en algo sensible, *eso* sensible, *ese* resultado, *el* proceso concreto inductor, es decir, los *residuos* o reliquias de la invención podemos estudiarlos de acuerdo con determinadas reglas, desde las físicas y geométrico-analíticas hasta otras mucho más refinadas, como las que aparecen en la teoría de los juegos.

Hablar de un ojo inventor sería hablar de un ojo que no se limitase a medir, controlar, abarcar con clasificaciones, es decir, que no se confinase en la analogía; ojo inventor sería aquél que fuese capaz de jugar con sus propiedades, de autopersuadirse como campo de juego. Ojo inventivo es aquel que se entretiene barajando las posibilidades e imposibilidades de la figuración, y, al tiempo, sale a probar fortuna, a exponerse, a arriesgarse.

Nosotros dejamos que un ojo artificial probase fortuna y el resultado fue una visión excéntrica y nueva del *Apostolado*. Una visión excéntrica del *Apostolado* puede ser un tema que nos divierta y que nos haga pensar. Pues, no lo olvidemos, la pintura es un «razonamiento mental».

7.2.13. José Luis Gómez Perales. Texto para el catálogo de la exposición *Generación automática de formas plásticas* (1970).

Las construcciones de Gómez Perales se caracterizan, desde el punto de vista de su realización —dejando de lado toda consideración de tipo estético— por el empleo de distintos elementos modulados, de colores uniformes, que, convenientemente agrupados y unidos entre sí, componen la obra.

Estos elementos, todos ellos rectangulares, están dimensionados de acuerdo con cinco números en sucesión de Fibonacci, es decir, que cada uno de ellos es igual a la suma de los dos anteriores, con lo que se consigue una fácil acoplabilidad, a la par que un conveniente juego de proporciones.

El empleo de dichos elementos reduce la composición formal de estas obras a una ordenación *satisfactoria* de los mismos.

Si a esto unimos un uso normalizado del color, comprenderemos fácilmente por qué estas construcciones resultan particularmente aptas para ser generadas con la ayuda del ordenador.

Naturalmente, no todas las obras así obtenidas son *satisfactorias*, imponiéndose, como consecuencia, un trabajo personal de selección.

Sometiendo a análisis las obras aceptadas y las rechazadas por el artista, se puede intentar la determinación de ciertas leyes, relacionadas con trabajos teóricos que, tendentes a la formulación de una sistemática de la creación artística, se vienen desarrollando por el seminario de Generación de Formas Plásticas.

7.2.14. Manuel Quejido. «Problemática del movimiento en la nueva plástica» (*Boletín* n° 11, CCUM, abril 1970, págs. 1-3).

El trabajo de que me vengo ocupando desde 1967 comenzó con la problemática del movimiento en la nueva plástica. Desistí en seguir el camino de una serie de planteamientos llenos de bellas soluciones, como los efectos óptico-cinéticos por desplazamiento del espectador, la manipulación táctil, sonora o luminosa desde el exterior, los objetos con movimiento automático, así como los movidos por elementos casuales o escasamente controlados, prefiriendo planteármelo desde un punto de vista descriptivo, seguible mentalmente por comparaciones, semejante a los fotogramas; decidiendo, además, crear a priori un sistema generador de imágenes con fuertes relaciones entre ellas que satisficiera todas las condiciones del proyecto en vez de pensar en una obra única, acabada en sí misma, es decir, un diseño del sistema y no un diseño del objeto.

Partí de cuadrículas con diferencia del tamaño, y comencé a situar vectores sobre los ejes de simetría de sus módulos cuadrados, a los que correspondería determinadas formas por cada vector, logré encontrar ciertas estructuras que satisfacían mis presupuestos, siendo perfectamente describibles, vi que eran ampliables a estructuras triangulares y hexagonales e introduje otros conceptos de formación, desistiendo más tarde de estas incorporaciones por llevarme a situaciones muy complejas y difícilmente tratables por el momento. Perfeccioné el sistema a que me reduje teóricamente y después de una serie de ensayos empíricos sobre su realización plástica, quedó la obra delimitada y definida.

Sin entrar en detalles es como sigue: 2 componentes estructurales generan por traslación 4 (dos cada uno) y éstos por giros 16 (cuatro cada uno), formando ocho bits; cada imagen surge de un octeto de los 256 posibles, cumpliendo entre ellos una gran cantidad de relaciones, como simetría, asimetría y enantiomorfos, contrarias, aumentos sucesivos, giros, etc., que ordenaré en pequeños grupos por sus relaciones más próximas. Cada una de estas imágenes es desarrollable cinéticamente, lo cual haré siguiendo ciertas reglas de construcción y movimiento de los vectores ya establecidas en el sistema. Un film sería, por tanto, su desarrollo lógico, pero éste me imposibilita el constante reconocimiento de las imágenes y sus cambios, por lo cual lo reduzco a imágenes sucesivas, limitando su número hasta el límite de hacerlo seguible.

Éstas serán las SECUENCIAS-L, o también una reducción mucho más fuerte en la que toda forma se encuentre inscrita en las cuadrículas de la que parte en una situación modular y sin superposiciones de formas, que cumplirá siempre la primera y la última imagen y algunas intermedias. Éstas variarán dependiendo del tamaño de la cuadrícula, siendo 2 para 2.2 y 3.3, 3 para 4.4 y 5.5, 4 para 6.6 y 7.7, y así sucesivamente. Éstas son las SECUENCIAS-C. Siendo mínimos los datos que nos informan sobre el movimiento, nos fuerza a un análisis de los momentos dados, por su comparación a través de la simetría, concentraciones de formas, etc. En realidad, sigo el proceso inverso a partir de la estructura vectorial formada por un octeto, logro la SECUENCIA-C (corta) y por interpolación entre las imágenes de éstas surge la SECUENCIA-L (larga). Después, el film foto a foto o la película de cámara lenta son otros desarrollos a partir de esta última.

Considerando sólo las SECUENCIAS-C de varias estructuras vectoriales por grupos semánticos, obtenemos relaciones de secuencias de movimiento.

El problema que planteo al CCUM es, primero, la generación automática de todas las SECUENCIAS-C para los tamaños de cuadrículas 4, 5, 6, 7, por ser estratégicas, ya que 2 y 3 reúnen pocos datos de información, y las mayores a 7 según estas progresiones: 4, 8, 12, 16..., 5, 9, 13, 17..., 2, 6, 10, 14, 18..., 3, 7, 11, 15, 19..., al inscribir a otras contienen excesiva redundancia; siendo para este grupo con sus respectivos momentos de secuencia 3.584 imágenes, que saldrían ordenadas según un esquema de relaciones por mí ya determinado, dándome una gran facilidad para el estudio visual y rápido del campo semántico. Segundo, la posibilidad de generar algunos ejemplos gráficos o fílmicos, para lo cual he estudiado ya un módulo que creo se adapta a los condicionamientos de salida gráfica en el computador.

7.2.15. F. Javier Seguí de la Riva. «Arte e informática» (*Arte e informática*. Madrid, Fundación Citema, 1980, págs. 5-11)¹.

En la segunda mitad de la década de los 60 (en 1968), la exposición *Cybernetic Serendipity* recogía lo que parecía ser una nueva tendencia del arte. La exposición reunía un conjunto de trabajos que representaban utilidades de los ordenadores (digitales y analógicos) para realizar productos que podían considerarse dentro de la categoría convencional de lo artístico.

El éxito de la exposición indujo a la elaboración de nuevos trabajos y experiencias que han llegado a encuadrarse en la denominación *computer art*, aunque, por el momento, no se haya aclarado el estatuto de su artisticidad o de su papel en el proceder artístico.

En el catálogo de la última exposición *Art of Space Era* (1977-78), se dice: «El arte generado con computador y el arte asistido por ordenador están todavía en su infancia. Por ahora no se puede tomar una postura crítica radical ya que, por el momento, no se puede hablar más que de experimentos». «Después de un periodo de gran excitación y optimismo, las dificultades técnicas han sobrepasado a algunos de los artistas que iniciaron el movimiento y han abandonado el campo. Hoy no son muchos los que continúan a la búsqueda de valores puramente estéticos».

Hay muchas definiciones de lo que puede ser el arte.

Como lo que nos interesa ahora es delinear un campo donde se pueda confrontar el proceder artístico con la informática, vamos a utilizar una definición convencional que ponga de relieve el proceder artístico.

Remitiéndonos a Collingwood (2) podemos entender el arte como la configuración, a través de procedimientos prácticos, de productos que son vehículos expresivos de la intuición comprensiva universal que impulsa a realizarlos.

Dicho de otra manera, hacer arte supone marcar huellas en ciertos medios materiales, u ordenarlos, hasta configurar con las huellas, o las porciones de materia ordenadas, una entidad que responda a una finalidad comprensiva universal, o que proponga nuevas finalidades.

¹ Texto de la conferencia pronunciada en la Feria del SIMO de Madrid el 14 de noviembre de 1980, en los actos organizados por la Fundación Citema.

En este contexto, el ordenador, el arsenal informático, es un medio limitador, resistente, capaz de poder recibir intenciones artísticas y de soportar procederes artísticos.

Visto así, el tratamiento informático del arte es el experimento de la utilización informática, como medio en el que conformar procesos e imprimir huellas artísticas.

La mayor parte de la resistencia hacia el arte asistido por ordenador se funda en la equívoca asunción que intenta ver en las máquinas un usurpador del artista como creador. La parte de verdad en esta creencia consiste en que el artista, como artesano, sí puede ser suplantado por las operaciones automáticas. Sin embargo, el poder creador sigue estando en el pensamiento, ya que el ordenador sólo funciona de acuerdo con sus instrucciones. Toda imagen debe de estar preparada.

Las instrucciones deben de darse de tal modo que el ordenador pueda utilizarlas. Las reglas del juego quedan determinadas, en el ordenador, por el programa.

Entendida la informática como conjunto de procedimientos, la cuestión planteada desde la década de los 60 es la instrumentalización de los mismos en el mundo de la significación artística.

Pero el arte no es sólo producción; también es comunicación de la intención artística, al decir de Collingwood, en cuanto, por intermedio del producto terminado, se contempla el producto como resultado de un proceso vivo de configuración, que permite comprender la intención a que responde.

En este sentido el arte es también un modo de significación de los productos humanos, de las huellas, y cualquier cosa puede ser enfocada desde esta angulación, aunque la obra de arte responda, estrictamente, a la misteriosa y mágica correspondencia que ella sustenta, como producto artístico que comunica su propio proceso comprensivo universal, es decir, que permite ser comprendido universalmente tal y como ha sido concebido (3).

Desde el punto de vista de la significación, ha bastado con que se haya podido comenzar a ver artisticidad en algunos productos informáticos, para que sea lícito mirarlos a todos ellos como obras de arte. Este conjunto enturbia la información del arte pero la relaja, permitiendo cualquier iniciativa, dado por sentado su posterior desencanto.

Covington (1) ilustra este hecho del modo siguiente: «Dos motivaciones dirigen la experimentación en la informatización del arte: una intelectual y otra estética. La utilización gráfica del ordenador nació para diagramar fórmulas matemáticas y para ilustrar proyectivamente objetos ideales. Esta posibilidad de esquematización gráfica es la fuerza animadora de muchos de los trabajos acometidos. Las imágenes diagramadas trascienden el nivel de la ilustración cuando son considerados bajo una luz intelectual».

Vamos, ahora, a plantear nuestra discusión en los límites del arte gráfico y en la perspectiva que entiende la informática como medio del desenvolvimiento artístico, tratando de aclarar su enlace.

La informatización supone la interpretación, en estructuras algorítmicas, de los sistemas cognoscitivos a tratar.

La significación intelectual de las imágenes gráficas se relaciona con la exploración de la estructura geométrica del universo. Las funciones gráficas del ordenador se basan en la geometría métrica. Manipulando coordenadas horizontales y verticales el ordenador imprime la configuración resultante, acorde con un conjunto de instrucciones.

Pues bien, acaba resultando que el campo del grafismo es identificable con el geométrico y, en este supuesto, la interpretación o traducción, indispensable en otros campos, aquí se puede obviar, siempre y cuando las operaciones se analógicen con las operaciones lógicas y matemáticas compatibles con la estructura geométrica de base.

Esta peculiaridad, típica del grafismo, establece una gran diferencia en relación a la informatización del diseño, ya que, en el campo gráfico, supuesta la identidad estructural anterior, no es necesaria una primera aclaración sistemática, lo que permite acometer la exploración sin necesidad de referencias categoriales.

Por eso, el desarrollo de la información del arte gráfico se ofrece como entrecruzamiento de procedimientos concretos, tanto en el modo de proceder, como en el modo de significar

los ensayos, ofreciendo la clasificación artística de los mismos mucha más dificultad que la encontrada con la arquitectura.

Basándose en la arbitraria identificación entre grafismo artístico y geometría, algunos autores proponen, para clasificar los ensayos, los propios modos de aproximación a las estructuras geométricas (4).

Nosotros, desde nuestra perspectiva de partida, no podemos reducirnos a este único punto de vista y vamos a intentar referirnos a algunos de los trabajos realizados teniendo presentes, también, el modo de proceder y el modo de significar las producciones para, al final, hacer una síntesis predominantemente artística.

Como en todo proceder genético, los primeros trabajos que se producen son ejercicios de aproximación en los que el ejecutor se pliega a los caminos que la informática le ofrece. Por ejemplo, dado que con unas determinadas terminales, y gracias a la gran velocidad de cálculo de los ordenadores, se puede representar funciones continuas proyectables en un plano hasta entonces nunca visualizadas, puede ensayarse ver en esas representaciones la expresión de un orden sugerente (Maughan S. Mason) (5).

La informática, aquí, es medio y procedimiento de desarrollo. La función pertenece a un ámbito bien explorado. El ejercicio es la prestación de una significación artística al proceso mecánico puesto en obra. El resultado comunica su proceso, desde luego, pero detrás de él sólo hay la perplejidad lúdica del juego.

De este primer escalón exploratorio, también son ejemplos típicos las realizaciones que utilizan tablas de azar para determinar series de alternativas, que se toman en un campo específico en el que tomar alternativas al azar es posible. Aquí, el pie forzado es la estructura específica donde la programación aleatoria es sucedáneo experimental de intenciones indeterminadas que producen resultados que permiten ser imaginados como si fueran intencionales (Manfred Mohr) (6).

El segundo nivel de experiencia comienza cuando el campo geométrico informatizable se significa, de principio, como campo con sentido artístico, es decir, como base en la que producir arte. Aquí, la informatización adquiere el papel de productor coherente de procedimientos circunstanciales, portadores de intención para buscar las configuraciones adecuadas. El proceso informático canaliza el ámbito en que el artista se puede expresar.

A este nivel significativo pertenecen muchos, quizás una gran parte, de los ensayos realizados.

Dentro de él pueden encuadrarse los trabajos que, basados en la combinatoria aleatoria, intentan descubrir configuraciones específicas que en su propia improbabilidad sean portadores de una cierta novedad (Georg Hansmann, Illner, Koerbe y Bärbel Lieske) (Sheffield) y (Peter Struycken) (7).

También en este rango están los trabajos que intentan buscar configuraciones al azar, pero con un control primario de la distribución de los elementos empleados que es el factor determinante, en estos casos de la significación artística (Lecci, Nake, Struycken) (8).

Otros trabajos típicos, a este nivel, son los fundamentados en el tratamiento de elementos discretos y su transformación, continua o discontinua, a través de ciertas leyes (Searle) (9).

Estas experiencias están directamente vinculadas con las que acometió el llamado constructivismo, por cuanto, al igual que en estas obras, en la citada corriente se trataban de explorar las configuraciones significativas que se podían lograr, a partir de la definición primaria de un conjunto de elementos.

El tercer nivel de experiencia se produce cuando, además de la significación del campo informatizable como campo artístico, se toman en cuenta las operaciones y los procesos, significándolos también artísticamente.

Este nivel ha supuesto una gran riqueza de contactos entre artistas y analistas ya que se plantea, de principio, el ensayo de un ajuste trascendental entre intenciones y proceder artístico e intenciones y proceder informático.

Los ejemplos de este grupo de ensayos son auténticos procesos en el tiempo que supone pruebas y rectificaciones sucesivas.

Quizás los ejemplos más destacados de estos esfuerzos se produjeron en los trabajos desarrollados del año 69 al 72 en el CCUM (10). Todos estos trabajos se dirigían a la auténtica y peculiar informatización del arte gráfico, pero suponían un esfuerzo ininterrumpido, difícil y lento, de reconversiones, confrontaciones y ensayos. Como dice Covington (1), la colaboración entre artistas y programadores ha resultado difícil y ha limitado el éxito de algunos interesantes experimentos. Ante las dificultades de entendimiento, algunos artistas han optado por utilizar tecnologías informáticas demasiado simples y otros por abandonar los esfuerzos. Sin embargo, esta colaboración ha fructificado al poner de manifiesto la necesidad de elaborar nuevos lenguajes de programación y sistemas interactivos, que permitan un más fácil acercamiento al problema. Subraya Covington que el futuro de la informatización artística va a depender del dominio, por parte del artista, de los lenguajes apropiados que le permitan elaborar programas ajustados a sus necesidades.

El cuarto nivel de experiencias es, precisamente, el anunciado en el punto anterior. A partir de los ensayos anteriores, se trata de generalizar el campo artístico, separándolo del informático. Intentando que este segundo represente la simbolización abstracta del primero.

Es decir, se trata de configurar el campo informático gráfico, de tal forma que pueda cambiar su significación y operatividad geométrica primaria por cualquier otra de fundamentación artística (estética). El problema, ahora, es puramente informático y debe de suponer el análisis de los procedimientos artísticos para poderlos soportar. Si el artista pudiera disponer de un dispositivo que entendiera sus requerimientos operatorios, tal como ocurre con su mano y su pincel, podría utilizar la informática sin violencia, como medio para producir sus huellas.

Hasta el momento estos ensayos no han hecho sino empezar y los trabajos de que se dispone son todavía parciales.

Como ejemplo citaremos un primer programa que, a partir del análisis de los problemas informáticos planteados al tratar con la obra de Barbadillo, ha iniciado F. Briones (11).

Aunque, de momento, este nivel de experiencias supone la frontera alcanzada en la informatización del arte, con ello no queda cubierto el espectro de las repercusiones que estos ensayos han tenido en la creación artística.

Hay que decir que, en su momento, el tratamiento informático del arte se puso de moda, supuso un foco de atracción y de referencia para muchos artistas. Las repercusiones de esta atracción se puede clasificar, hoy, en tres orientaciones.

De un lado, las imágenes cibernéticas sirvieron para que se produjeran obras que utilizaban esas imágenes como elementos o pretextos de composición (Sempere, Yturralde) (12).

De otro lado, el proceder lógico, base de la computación, forzó a que muchos artistas explorasen sus propias operaciones y se produjesen obras que, aún sin informatizar, respondían a esfuerzos del segundo nivel antes visto.

La pura reflexión en las dificultades de la informatización de los procesos artísticos, también ha llevado a un reforzamiento de la conceptualidad artística (arte conceptual), que plantea el arte como la esquematización de su propio proceso. La pura reflexión sobre el hacer artístico está conduciendo, por fin, a la revisión de la capacidad cognoscitiva del arte y su relación con otros modos elaborativos, tales como el científico y el puramente conceptual especulativo.

Como ejemplo de este último esfuerzo cito mi penúltima obra empeñada en ejemplificar el propio modo de proceder y significar en distintas situaciones.

Como anticipamos, el problema más grave de la experiencia adquirida en estos ensayos es que, desde el principio, se han manejado, en vez de analogías, identidades.

La informática tiene raíces lógicas y se remite a ellas. El arte es lo ilógico, alógico o metalógico. Pero en cuanto que huella o configuración, una vez producido, sólo puede ser descrito en el marco de su materialidad sustancializada; o, de otra manera, el arte se produce a través de procedimientos lógicos (prácticos) que no son ni vividos ni significados como tales hasta su conclusión.

Desvelar la practicidad del proceder artístico da miedo porque el artista no significa lógicamente su proceder. Pero convertir el proceder matemático, deductivo y perfectamente estructurado, en modo directamente disponible por el arte, tampoco es posible.

El problema de la informatización del arte está en la vivencia y comprensión del proceder artístico en contraposición al proceder lógico y matemático. El primero es intransitivo, mientras el segundo va dirigido a un fin utilitario. El arte es trascendente, orientado intencionalmente a todo lo que no es él. La matemática es inmanente, orientada a su propia coherencia.

Sin embargo, el arte siempre puede ser descrito lógicamente y no puede dejar de apoyarse en coherencias esquemáticas parciales o totales, y la matemática siempre puede ser vista como trampolín de cualquier trascendentalización.

El problema no está en subsumir el arte a la lógica o la lógica al arte, sino en aclarar sus diferencias de significación.

El esfuerzo por la informatización está permitiendo alcanzar una visión cada vez más clara de esta diferencia que parece sustancial.

Precisamente el campo del proceder gráfico parece clave, por su proximidad compartida entre el arte y la ciencia, para puntualizar esta diferencia tradicional de nuestra cultura.

En el comunicado declaración del próximo IX Congreso Internacional de Estética se dice lo siguiente a este respecto: «...El campo más importante de la estética, pero menos investigado, es el que corresponde a la creación artística y a la génesis de formas estéticas. La cuestión que se plantea es si esta situación está condicionada por el hecho de que este campo sea inasequible al estudio científico, al conocimiento y la teoría o, simplemente, es consecuencia de una negligencia de parte de los estudiosos, que hoy se puede subsanar.

Como las antiguas categorías estéticas ya no se mantienen, hay que incorporarse a la viva corriente artística y, partiendo de experiencias y conocimientos históricos, comenzar la construcción de una nueva estética correspondiente a un mundo en transformación».

Nosotros esperamos que esta aspiración alcance el éxito y creemos que la experiencia obtenida en todos los ensayos acumulados de informatización del arte constituyen, si se llegan a categorizar, una fuente riquísima de transformación para el pensamiento estético.

Notas bibliográficas

1. *Art of Space Era*. Catálogo de la exposición de Huntsville (USA, 1978). Presentación de J. P. Covington.
2. Collingwood, *The principles of art*. De cualquier modo, este planteamiento es común en las teorías del arte de orientación empírica y experimental.
3. El problema de la significación artística tiene carácter universal. De entre una multitud de trabajos con este punto de vista, destacamos el tratamiento de Cassirer en *Filosofía de las formas simbólicas*. Son, en cierto sentido, afines algunos planteamientos sostenidos por Read, Langer y otros.
4. En orden inverso en el tiempo encontramos estas clasificaciones en Covington (nota 1) y en estudios como *Computer art*.
5. En España fue Arrechea quien dio los primeros pasos en esta aplicación informática.
6. Los trabajos de Mohr han sido comentados en: Franke, *Computer graphics*.
7. Los trabajos de estos autores pertenecientes al Computer art Ass. han sido presentados por ellos mismos en varias ocasiones.
8. Los trabajos de estos autores han sido presentados y comentados en: Franke, *Computer graphics*, y Reichardt, *Cybernetics, art and ideas*.
9. El trabajo de Searle y A. Cienfuegos ha sido publicado en los Boletines de información del CCUM.
10. Hay varias publicaciones que recogen esta labor: *Ordenadores en el arte*, *Formas computables*, *Formas computadas* y *L'ordinateur et la créativité*. Todas editadas por el CCUM.
11. El trabajo de Briones ha sido presentado en diversas ocasiones. Ha sido explicado en los Boletines del CCUM.

12. *Formas computables y Formas computadas*, CCUM.
13. Circular para el IX Congreso de Estética (1979).

7.2.16. José María Yturralde. «Sistematización del análisis pictórico con vistas a la generación plástica con ordenador» (*Ordenadores en el arte*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 35-40).

El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, a través de uno de sus seminarios, ha puesto a disposición de los que venimos trabajando en el lenguaje, codificado o no, de representaciones gráficas o corpóreas, una poderosa herramienta de nuestro tiempo, el ordenador electrónico y el equipo de analistas y técnicos del mismo, que al igual que en otras disciplinas nos abren nuevas posibilidades para una investigación más eficiente.

Se nos plantea, en primer término, el problema de cómo utilizar estos medios de una manera eficaz, lo que nos obliga a reconsiderar nuestros propios métodos de trabajo y definir nuestra intención, debiendo profundizar al máximo y presentar los problemas de la forma más exhaustiva posible.

Comenzamos nuestras reuniones en el seminario bajo el título de «Generación de Formas Plásticas». Con el propósito de encontrar unas constantes formales y estructurales en las obras pictóricas más representativas a través de todas las épocas, pensamos, como posible punto de partida, analizar de una manera computable estas obras. Mediante un proceso estadístico de los datos analizados, se podrían deducir unas constantes reduciendo a esquemas elementales contenidos «últimos» plásticos de todas las estructuras.

La ayuda de las modernas técnicas de los test, como el de Wartegg, ya muy elaborado, podrían ayudar a determinar incluso estructuras, fenómenos caracteriológicos, y sus significados en cada caso. Como ejemplo puedo citar la fascinante experiencia realizada por Michael Noll en los laboratorios de la Bell Telephone Company en Murray Hills, New Jersey. Se analizó mediante el computador la obra de Mondrian, fechada en 1917, *Composición con líneas*, y partiendo de este análisis matemático se procedió a reproducir una serie de nuevas composiciones diferentes, pero guardando relaciones equivalentes y el mismo número de líneas verticales y horizontales contenidas en el cuadro. Mostrados los resultados a un número determinado de personas resultó que un 59% de ellas preferían la obra realizada por la máquina al original. El 72% tomó el *mondrian* como obra del computador y un 28% de personas interrogadas pudieron identificar el dibujo perteneciente al computador.

Ahora bien, según ha demostrado la psicología de la percepción, no existen formas básicamente «bellas» que nos sirvan de punto de partida o muestra para que todas las que se acerquen a ellas tengan que ser necesariamente bellas. Cada elemento, cada forma tiene su valoración particular en la determinada circunstancia en que se halla, y por lo tanto creo de interés aclarar que lo que buscamos debe tener un sentido más exacto. Las formas y sus desarrollos tienen infinitas variantes en varias dimensiones.

Nosotros las utilizamos como elementos expresivos de un lenguaje, es decir, como un sistema de signos que sirven para transcribir como intermediarios un pensamiento o una «información». Esto es, que la «Generación de Formas Plásticas» debe surgir de una necesidad de eficacia comunicativa y por lo tanto responder a una «intención», creando un estado de control exhaustivo de las formas y medios expresivos, en concordancia con una información adecuada de los datos, estímulos de las formas y colores, direcciones lógicas pregnantes, luz, movimiento, etc., y su utilización racional en la expresividad.

Nosotros hemos venido trabajando de forma intuitiva y llamando «sensibilidad» al conocimiento adquirido mediante la práctica de los fenómenos últimamente analizados por las teorías gestálticas. El aprendizaje de dichos fenómenos nos da una conciencia y control de dichos datos que podremos así utilizar sistemáticamente para nuestros fines.

Los que provenimos del campo artístico acusamos generalmente una falta de preparación básica, operacional y de análisis numérico, lo que nos impide el utilizar directamente el computador.

Impuesto el trabajo en estrecha colaboración con los analistas y programadores, necesitamos, no obstante, conocer las posibilidades y funcionamiento de la máquina, en este caso el IBM 7090, y los fundamentos de los lenguajes más corrientes utilizados, como el Fortran, Algol, Cobol...

Los pasos que hemos seguido son:

1. Conocer el computador y su modo de operar.
2. Una metodología de trabajo.
3. Una información adecuada.

En cuanto al método de trabajo, surgen varias direcciones o grupos de interés:

A/ MÉTODO ANALÍTICO

1. A partir de una obra o un elemento básico, modulación de espacio bidimensional y tridimensional, encontrando variantes, multiplicando imágenes.
2. Proyecciones, abatimientos, variantes topológicas.
3. Representación gráfica de ecuaciones matemáticas.

Una vez hecha la propuesta formal, se imponen unos criterios selectivos y de valoración.

A este método le encuentro el inconveniente de que parte de unos presupuestos más o menos arbitrarios y dependientes de la intuición.

Considero que podríamos desarrollar un MÉTODO SINTÉTICO que con unas premisas conocidas y controladas y mediante un proceso adecuado podamos obtener unas conclusiones buscadas.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA UN PROCESO DE CREACIÓN

Dividida fundamentalmente en dos partes:

Una primera dedicada a definir el objeto que se desea realizar. Esta operación nos sirve para acumular los datos precisos desechando los que no sirven, hasta llegar al proceso de realización, teniendo en cuenta nuevos datos y premisas con una clara conciencia de las necesidades de todo tipo que debe cumplir el objeto propuesto.

Debo advertir que este trabajo es solamente una posible indicación del camino a seguir.

Proyección o generación de una forma o un objeto

Definición del mismo

	Diseño visual	Signos Señales Símbolos	Significado, relaciones, en función de
BIDIMENSIONAL	Diseño gráfico	Aplicación de las reglas del sistema gráfico	Organigrama Mapa Estadísticas, etc.
	Diseño de investigación	Nuevas propuestas visuales, estructurales Búsqueda de nuevas imágenes autónomas integradas o no	

Diseño arquitectónico

TRIDIMENSIONAL	Diseño industrial	
	Diseño de investigación	Nuevas propuestas estructurales-plásticas y visuales de tres o más dimensiones (espacio-tiempo)

El objeto debe llenar una o varias funciones - Especificarlas, así como posibles relaciones

comunicar - contemplar - manipular - habitar - jugar, etc.

Sentido, intención de la forma o el objeto

DATOS A CONSIDERAR		EL OBJETO EN SÍ		
FORMA VISUAL	Abierto - Cerrado			
	Anguloso - Redondo			
	Proporción			
	Fenómenos pregnantes			
	Figura - Fondo			
COLOR	Tono	Claro - Oscuro	brillante	Grado de saturación
	Escala		mate	
				Contraste
TEXTURA	Plena			
	Profunda			
MOVIMIENTO	Percibido	Continuo		
	Real	Acelerado		
		Disminuido		
TIEMPO	Presente			
	Pasado (recuerdo)			
	Futuro (esperanza)			
SUPERFICIE TÁCTIL	Duro y liso - Duro y Áspero		elástico - plástico	
	Blando y liso - Blando y Áspero		frío - caliente	
FORMA HÁPTICA	Rígida - Flexible		equilibrio háptico	
	Elástica - Plástica		concordancia	
CINESTÉSICA	Pesado - ligero			
	Vacío - lleno			
AUDITIVA	Resonancia			
	Eco			
	Silencio			
OLOR Y GUSTO	RITMO			

Relación entre las distintas modalidades - Tendencia a la transformación
 Fenómenos perceptivos - ópticos, de comportamiento

DATOS A CONSIDERAR

EL OBJETO SE RELACIONA CON EL MEDIO

Ubicación Fijo
 Móvil

Ambiente Exterior - Interior

Elementos de influencia directa Próximos

Elementos de influencia indirecta Lejanos

Fenómenos ópticos de comportamiento, etc.

El objeto en relación con determinantes

CULTURALES

POLÍTICAS

ECONÓMICAS

SOCIALES

GEOGRÁFICAS

Tecnología

Realización

MATERIAL Características
 Expresivas

Definición y elección del mismo

Características
 Físicas

Técnica

Manual

Artesano

Maquinista

Método de fabricación

7.2.17. José María Yturralde. *Estructuras 1968-1972. Series Triangular - Cuadrados - Cubos - Prismas*. (Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1973).

Esta exposición supone la síntesis del trabajo realizado entre 1968 y 1972, centrándome en las «Estructuras Seriadas». Los modelos iniciados hace unos años han variado lentamente en función de la búsqueda de unas relaciones más exactas entre los elementos formales constitutivos de la imagen, su significado y capacidad comunicativa. Soy consciente de que el aspecto de choque o sorpresivo que en un principio podían tener, ha sufrido el lógico desgaste perceptivo y de «uso» que lleva todo objeto destinado al consumo, ya sea éste contemplativo o meramente material o utilitario. Sin embargo, he tratado de convertir esta dinámica de la obsolescencia en un proceso de exactitud de raciocinio y profundidad, que entiendo podría llevarnos al límite de los problemas imagen-comunicante y acción expresiva.

Con estas notas pretendo tratar de aclarar al espectador-lector de la obra expuesta los requerimientos y proceso que motivan la presencia de estas estructuras. Es una pequeña guía con muchas limitaciones y que responde a la visión de un aspecto también restringido del estudio general de la modulación expresiva del espacio.

Es también, como propuesta, el comienzo de toda una problemática espacial en la que vengo trabajando desde hace un tiempo y que comprende el estudio de diversas figuras y sistemas proyectivos, aunque delimitándome siempre a ciertos aspectos y propiedades geométricas que he tratado de modificar en función de unos atributos a nivel perceptivo.

Me interesa el hombre y su capacidad de comunicación. Lo que hoy llamamos información abarca también el control adecuado del entorno con respecto a la actividad social y energética que el hombre desarrolla espacial y temporalmente. Las motivaciones y estímulos determinantes de la conducta son datos de gran interés en el contexto de las ciencias humanas, y en el caso específico de la plástica, estos y otros testimonios que provienen de observaciones empíricas, demostrables, que tienen como punto de referencia máximo el hombre, nos dan las pautas que conforman un diseño.

La necesidad de objetivar y controlar el proceso creativo estableciendo una eficiente comunicación nos lleva lógicamente a incorporar conocimientos, no sólo de las ciencias de la informática y transmisión de mensajes, sino también de otras materias interdisciplinarias, como la Ergonomía, Praxiología, Teoría General de la Acción, etc.

El esquema conceptual que vengo utilizando en mi pintura desde 1968, parte en cierto modo, y a nivel muy elemental, del modelo lingüístico. El lenguaje plástico bidimensional empleado es tratado como conjuntos analizables, cuyos elementos (color, forma, textura, etc.) son producto de la interacción de diversos datos y circunstancias, por ejemplo, la ubicación, grupo social al que va dirigido, etc. El fin propuesto es una variable en función del arquetipo pretendido.

El alto grado de complejidad alcanzado en el manejo de los distintos elementos significantes y las infinitas posibilidades de interrelacionarlos entre sí y con respecto al medio ambiente, nos lleva a emplear medios automáticos más exactos y capaces (computadoras), que a su vez introducen una nueva dimensión en el tratamiento de la información.

Las figuras que presento forman parte de una secuencia sobre el estudio de la modulación expresiva del espacio que producen diversas figuras elementales y que deben responder a los siguientes requerimientos:

Profundizar, aportando nuevos datos, en el conocimiento general de los fenómenos perceptivos.

Crear unas imágenes racionales y eficaces, dotándolas de alto «nivel artístico», pero basado en una lógica verificable.

Desde el punto de vista psicológico e intencional, interesa producir diversos grados de tensión emocional en el espectador-lector, aplicando, según la teoría de la comunicación, la mayor cantidad posible de información, sugiriendo formas altamente improbables y evitando al máximo todo proceso entrópico ascendente, es decir, todo orden previsible, toda continuidad que pudiera dictarnos nuestra experiencia, buscando un orden nuevo, organizando un acontecimiento visual según diversos niveles de improbabilidad perceptiva. La ambigüedad

de la situación visiva estimula acciones de interpretación en el espectador, creando un estado de participación activa en la reconstrucción mental del material propuesto.

La presencia de estos aparentemente sencillos «artefactos emisores de estímulos» quisiera que nos pusieran en contacto de un modo relacional y a la vez objetivo y relativista con la experiencia global de la realidad, proporcionándonos unas señales tendentes a estructurar el comportamiento imaginativo, activando nuestra capacidad sensorial, enseñándonos a ver e imaginar, a pensar por medio de imágenes e invitándonos a una actitud de rigor y claridad y en cierto modo optimista ante el caótico mundo que nos rodea.

[...]

La capacidad modular de los espacios que producen estas figuras [triángulo, cuadrado, tetraedro, hexaedro] es infinito. El problema consiste en escoger las mallas y conjuntos más significantes en el intento de aproximar estructuralmente los lenguajes estéticos a los científicos.

Metodológicamente, estoy lejos aún de emplear sistemas completamente lógicos. Me apoyo muchas veces en la intuición, a falta de instrumentos conceptuales y de herramientas no asimiladas, por falta de formación en gran parte y por la situación en que se encuentra el arte en general, marginado del trabajo interdisciplinar y metódico.

La presencia física de estos objetos podríamos describirla del siguiente modo: sensación visual de objetos tridimensionales (sin perder la conciencia de bidimensionalidad), proyectados mediante los sistemas de perspectiva axonométrica, caballera, o bien las proyecciones diédricas ortogonales. Las leyes proyectivas son transformadas en función de un orden semántico relacionado con la poética espacial que pretendo comunicar.

Siguiendo un orden, he procurado dar en estos casos las siguientes características que acentúan o modelan la visión total de la imagen:

El conjunto de la exposición es una secuencia de ritmo lineal formado por unidades radiales con movimiento progresivo e intervalos modulares que forman un todo agrupado en torno a un núcleo central limitado en el umbral de la percepción «triángulo», «cuadrado», «cubo», «prismas».

Las figuras consideradas individualmente tienen las siguientes características:

FORMAS CERRADAS. Capta y fija más la atención que las figuras abiertas. Sin embargo, en algunas figuras, por su proyección interna, pueden percibirse como «abiertas».

ANGULOSAS. Estructura geométrica simple, pregnante (el triángulo), pero a la vez, por su carácter acentuadamente articulado y anguloso (agudas y rectas), deben poseer una expresión agresivo-activa. Por tener las direcciones visuales inclinadas, el equilibrio es «dinámico».

FIGURA-FONDO. La figura debe estar claramente diferenciada del fondo, siendo éste lo más neutro y alejado posible (negro, gris claro o blanco).

SIMETRÍA-ASIMETRÍA. Las figuras simétricas suelen tener una valoración estética más alta, pero desde el punto de vista «información sensorial» son menos evidentes. La serie triangular está construida a partir del triángulo equilátero y [sus figuras] son, por lo tanto, simétricas. El volumen ha debido ser acentuado por contraste de color y claro-oscuro. La tendencia general es, pues, evidenciar y resaltar la figura, dándole el máximo relieve y articulación dentro de un contenido pregnante y repasando totalmente la representación del fondo.

COLOR. Simplificado a tres o cuatro tintas planas, utilizando los colores básicos fundamentales y pregnantes (rojo, amarillo, azul), aprovechando su tendencia a la transformación para acentuar el relieve formal. Contraste mediante complementarios o por escalas graduadas, tonos mates o semimates de alto grado de saturación y luminosidad máxima.

TEXTURA. Plana «impersonal», reflejo del mundo industrial y la seriación.

MOVIMIENTO PERCIBIDO. Estas figuras, colocadas con un vértice hacia arriba, son muy estables y el movimiento virtual que se pueda producir es radial, muy lento, hacia afuera y siguiendo la línea de los ejes principales en el sentido de los vértices.

Líneas y dirección de movimiento:

SUPERFICIE TÁCTIL. Dura y lisa, pero no fría.

CINESTESIA. Mediante la tendencia a la transformación podemos percibir la «potencia» de un objeto sólido y, por lo tanto, dotado de un cierto peso.

AUDITIVA. Sensación de silencio, aunque saturado de energía contenida.

RITMO. La sucesión de intervalos, y su periodicidad, aunque repetida, es analógica, pero no idéntica. Su distancia, medida en el recorrido visual, nos da unos agrupamientos de intensidad semejante; el movimiento es cerrado, lineal y rígido, de compás firme y muy medido.

DIMENSIONES. Las medidas internas de la figura siguen relaciones aritméticas muy simples. 2, 3, 4, - 1, 3, 5, etc., con respecto al «lleno» y «vacío», al igual que las proporciones cromáticas. En cuanto a la escala, debiera estar en consonancia con el sitio donde vaya a ubicarse la imagen; pero como el destino de estos objetos casi nunca es definitivo (deben ser manipulados, transportarse, etc.), entonces he optado por tamaños que se adapten a estas premisas, que ya vienen muy determinadas por el tamaño de los tableros y la capacidad de los espacios habitables donde puedan colocarse. Los tamaños aquí están, fundamentalmente, en función del conjunto y de la visión óptima de los mismos, que está situada a una distancia de dos a cuatro metros.

TÉCNICA. Obra prototipo pensada para realizarse en varias escalas tipo. Como diseño gráfico sobre papel, las más pequeñas (procedimiento de serigrafía o litografía), y tamaños mayores sobre chapa de madera prensada, con bastidor del mismo material; preparación y pinturas industriales. La materialización definitiva de la obra está proyectada para realizarla industrialmente, con la perfección de las máquinas y la posibilidad de multiplicar el modelo. Razones obvias de tipo económico, sistema de «mercados artísticos», etc., me obligan a seguir trabajando individualmente de un modo artesanal, por lo que considero estos trabajos, por ahora, como obras prototipo susceptibles de industrializar y distribuir, como elementos portadores de una información originada en el intento de investigar ciertas esencias plásticas.

Bibliografía

Sólo se incluyen en la presente bibliografía aquellas publicaciones, bien sea en forma de libros, artículos de revistas, artículos y crónicas periodísticas, textos y escritos de los artistas y catálogos de exposiciones, directamente relacionadas o que iluminan aspectos parciales, en primer lugar, del tema objeto de estudio fundamental del trabajo, esto es, la génesis y actividad desarrollada por el seminario de Generación Automática de Formas Plásticas del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid durante el período 1968-1973, y, en segundo lugar, relacionadas con la cibernética como disciplina científica y con la aparición y primer desarrollo del *computer graphic* en el mundo, aunque en estos dos últimos casos, estudiados respectivamente en los capítulos 2 y 3, no se ha pretendido que la bibliografía consultada fuese exhaustiva sino esencial. De este modo, sobre todo en el caso del capítulo 5, quedan excluidas todas aquellas publicaciones correspondientes a otros períodos evolutivos de la obra de los autores investigados, salvo cuando aporten datos e informaciones relevantes para el tema estudiado.

- AA. VV.: *Ordenadores en el arte*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969. Incluye una amplia bibliografía sobre arte cibernético.
- , *L'ordinateur et la créativité*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1970.
- , «Televizija danas». *Bit International*. Galería Grada Zagreba. Zagreb, 1972.
- , *The rational and irrational in visual research today*. Zagreb, Galería Souvremene Umjetnosti, 1973.
- , *COMPUTER Graphics and Art*. Newtonville, Massachusetts (EE.UU.), Publicaciones de Berkeley Enterprises Inc., mayo de 1976.
- , *Hypergraphics. Visualizing Complex Relationship in Art, Science and Technology*. Boulder (Colorado, EE. UU.), Westview Press, 1978.

- , *ART and Techno-Science Dictionary 1994: Artists Profiles*. CD-Rom. Tokio, Publicaciones de la Urban Design Research, Inc., 1994.
- AGUILAR GARCÍA, M^a D. y CAMACHO MARTÍNEZ, R.: «Vanguardia y tradición en la pintura de Manuel Barbadillo», en *Boletín de Arte*, n^o 3, Universidad de Málaga, 1982, págs. 235-249.
- AGUILERA CERNI, V.: «‘Antes del Arte’: sobre un propósito y un significado». Valencia, Colegio de Arquitectos, 1968. Ahora en GARNERÍA, J. (a cargo de): *Antes del Arte*. Generalitat Valenciana, 1996, págs. 55-59.
- , «Antes del Arte: una hipótesis metodológica». Madrid, Galería Eurocasa, 1968. Ahora en GARNERÍA, J. (a cargo de): *Antes del Arte*. Generalitat Valenciana, 1996, págs. 61-79.
- , (dir.), *Diccionario del arte moderno*. Valencia, Fernando Torres, 1979.
- , «A modo de prólogo: notas sobre Antes del Arte», en GARNERÍA, J. (a cargo de): *Antes del Arte*, Generalitat Valenciana, 1996, págs. 13-33.
- AGUIRRE, J. A.: *Arte último. La ‘Nueva Generación’ en la escena española*. Madrid, Julio Cerezo Estévez, editor, 1969.
- , «Alexanco, movimiento transformable», en *Artes*, núm. 96, Madrid, 1969, págs. 18-20.
- , «Hombre-Espacio», en *Artes*, núm. 104-105, Madrid, enero-febrero 1970.
- , «Younger Artists of Madrid», en DYCKES, B. (ed.): *Contemporary Spanish Art*. Nueva York, The Art Digest, Inc., 1976.
- , «La pintura de Soledad Sevilla», en el catálogo de la exposición individual de Soledad Sevilla celebrada en las salas de la Biblioteca Nacional de Madrid, en octubre de 1978.
- , «Nueva Generación y el arte geométrico», en GIL, J. (coord.): *Arte geométrico en España 1957-1989*. Madrid, Centro Cultural de la Villa, 1989, pág. 69.
- , «Las razones de la “Nueva Generación”», en GARCÍA-RAMOS SÁNCHEZ, P. y MACUA DE AGUIRRE, J. I.(coords.): *Madrid. El arte de los sesenta*. Consejería de Cultura de la Comunidad de Madrid, 1990, págs. 95-108.
- ALCOBENDAS, M.: «Entrevista con Manuel Barbadillo», en AA.VV.: *La pintura contemporánea en Málaga. Málaga 1980-81-82*. Servicio de Publicaciones de la Diputación Provincial de Málaga, 1982, págs. 35-36.
- ALEXANCO, J. L.: *Trabajos 1965-1968*. Madrid, edición numerada del autor, 1969.
- , «Posibilidades y necesidad de un análisis de un proceso intuitivo», en *Ordenadores en el arte*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 24-33.
- , «Generation automatique d’un processus de transformation de formes tridimensionnelles», en *L’ordinateur et la créativité*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1970, págs. 117-126.
- , «Plan for the automatic generation of an endless film», en *Bit International*, núms. 8-9. Zagreb (Croacia), galería Grada Zagreba, 1972, págs. 225-230.

- , «Procedimientos para la transformación o deformación de una forma dada», en *Trabajos sobre generación automática de formas 1968-1973*. Madrid, edición del autor, 1973.
- , «El programa Mouvnt y su utilización», en *Trabajos sobre generación automática de formas 1968-1973*. Madrid, edición del autor, 1973.
- , «Generación automática de “movimiento interminable” para terminal de rayos catódicos», en *Trabajos sobre generación automática de formas 1968-1973*. Madrid, edición del autor, 1973.
- , «Movimiento interminable». Film programado para una IBM 360 con pantalla de rayos catódicos 2250, realizado en lenguaje de programación Fortran IV. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1973.
- , «Trabajos sobre generación automática de formas, 1968-1973», en *Boletín de la Fundación Citema*, núm. monográfico sobre «Creatividad e Informática», Madrid, 1977, págs. 17-39.
- ÁLVAREZ VILLAR, A.: «Arte y ordenadores electrónicos», en *Arbor*, núms. 297-298, Madrid, septiembre - octubre 1970, págs. 34-42.
- ANÓNIMO: «La Universidad de Madrid tendrá el mayor equipo electrónico de España». Palma de Mallorca, *Diario de Mallorca*, 7 de enero de 1968.
- , «El mayor equipo electrónico de España». Vigo, diario *Faro de Vigo*, 7 de enero de 1968.
- , «Calculadora electrónica para la Universidad de Madrid». Barcelona, diario *La Vanguardia*, 7 de enero de 1968.
- , «Utilización de la automatización a la investigación y a la enseñanza». Madrid, diario *Arriba*, 14 de febrero de 1968.
- , «El nuevo ordenador de cálculo de la Universidad de Madrid ha entrado en funciones». Madrid, diario *Ya*, 16 de febrero de 1968.
- , «Un ordenador electrónico para la Universidad». Madrid, diario *Abc*, 17 de febrero de 1968.
- , «Nuevas becas para investigación». San Sebastián, diario *Unidad*, 14 de marzo de 1968.
- , «Becas para estudios en el Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid». Barcelona, diario *La Vanguardia*, 15 de marzo de 1968.
- , «Becas para estudios e investigación de cálculo electrónico». Madrid, *SP Diario*, 21 de marzo de 1968.
- , «Inauguración del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid». Madrid, diario *Madrid*, 8 de marzo de 1969.
- , «Inauguración del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid». Madrid, diario *Ya*, 8 de marzo de 1969.
- , «Inauguración del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid». Madrid, diario *Abc*, 9 de marzo de 1969.
- , «La Universidad electrónica», *Revista SP*, Madrid, 23 de marzo de 1969, pág. 47.
- , «Inauguración del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid», *Revista de Obras Públicas*, Madrid, marzo 1969, págs. 1-2.

- , «Inauguración del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid», *Proceso de Datos*, Madrid, 1969.
- , «Partituras electrónicas», en *SP*, 8 de marzo de 1970.
- , «'Computer art'», *Triunfo*, Madrid, 27 de junio de 1970.
- , «Visita estudio al Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid», *Clave*, Madrid, diciembre 1970, págs. 54-59.
- APOLODORO: «Trabajar para la Universidad. El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid», Madrid, *Gaceta Universitaria*, segunda quincena de noviembre de 1969, págs. 16-19.
- ARNHEIM, R.: *Art and Visual Perception. A Psychology of the Creative Eye*, Berkeley, The University of California Press, 1954. (Trad. cast.: *Arte y percepción visual. Psicología del ojo creador*. Madrid, Alianza, 1984).
- ARQUES SOLER, F.: *Miguel Fisac*. Madrid, Pronaos, 1996.
- ASINS, E.: «Consideraciones generales sobre la obra de Mondrian», en *Ordenadores en el arte*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 79-86.
- , «Manuel Barbadillo», en CASTAÑOS ALÉS, E. (coord.): *Manuel Barbadillo. Obra modular (1964-1994)*. Málaga, Fundación Pablo Ruiz Picasso, 1995, págs. 31-39.
- BAQUEDANO, J. (coord.): *José Luis Alexanco: obra gráfica completa 1964-1994*. Bilbao, Museo de Bellas Artes, 1994.
- BARBADILLO, M.: «El ordenador. Experiencias de un pintor con una herramienta nueva», en *Ordenadores en el arte*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 13-16.
- , «Materia y vida», en *Ordenadores en el arte*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 17-23. El mismo artículo, actualizado por el autor, en CASTAÑOS ALÉS, E. (coord.): *Manuel Barbadillo. Obra modular (1964-1994)*. Málaga, Fundación Pablo Ruiz Picasso, 1995, págs. 57-61.
- , Conferencia pronunciada en el Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid el 26 de junio de 1969 (inédita).
- , «Modules / Structures / Relationships. Ideograms of Universal Rapport». *Boletín de la Computer Arts Society*, Londres, noviembre 1970. (Trad. cast.: «Módulos, estructuras y relaciones. Ideogramas del Rapport Universal», en CASTAÑOS ALÉS, E. (coord.): *Manuel Barbadillo. Obra modular (1964-1994)*. Málaga, Fundación Pablo Ruiz Picasso, 1995, págs. 71-76).
- , «My Way to Cybernetics», en LEAVITT, R. (coord.): *Artist and Computer*. Nueva York, Harmony Books, 1976. El mismo artículo, con el título «Homenaje a Norbert Wiener», en CASTAÑOS ALÉS, E. (coord.): *Manuel Barbadillo. Obra modular (1964-1994)*. Málaga, Fundación Pablo Ruiz Picasso, 1995, págs. 77-79.
- , «Un arte humano», en *L'art et l'ordinateur*, París, Service de relations extérieures du Groupe CISI, 1982. El mismo artículo en CASTAÑOS

- ALÉS, E. (coord.): *Manuel Barbadillo. Obra modular (1964-1994)*. Málaga, Fundación Pablo Ruiz Picasso, 1995, págs. 81-82.
- , «Tambores y computadoras», en *Boletín de Arte*, núms. 4 y 5, Universidad de Málaga, 1984, págs. 263-280. El mismo artículo, actualizado por el autor en 1992, en CASTAÑOS ALÉS, E. (coord.): *Manuel Barbadillo. Obra modular (1964-1994)*. Málaga, Fundación Pablo Ruiz Picasso, 1995, págs. 83-92.
- , «Del gráfico de ordenador al arte de ordenador. La aportación española», *Boletín de Arte*, nº 17, Universidad de Málaga, 1996, págs. 433-439.
- , «Voces ancestrales en el horizonte cibernético», en el catálogo de la exposición *Barbadillo. Obras de los noventa*. Madrid, galería Aelee / Evelyn Botella, 1998.
- BARCELÓ, M.: *Cincuenta años de leyenda informática*. Madrid, diario *El País*, 7 de febrero de 1996.
- BENSE, M.: *Aesthetica*, Stuttgart, Deutche Verlags-Anstalt, 1954. (Trad. cast.: *Estética. Consideraciones metafísicas sobre lo bello*, Buenos Aires, Nueva Visión, 1973).
- , *Einführung in die informationstheoretische Ästhetik. Grundlegung und Anwendung in der Texttheorie*, Reinbeck bei Hamburg, Rohwolt, 1969. (Trad. cast.: *Introducción a la estética teórico-informacional. Fundamentación y aplicación a la teoría del texto*, Madrid, Alberto Corazón, 1973).
- BONET, J. M.: «Esplendor y fracaso de nuestro arte tecnológico (II)», en *Estudio de estructura arquitectónica*, nº 7, Madrid, marzo 1974, págs. 19-23.
- , «Una década complicada», en GARCÍA-RAMOS SÁNCHEZ, P. y MACUA DE AGUIRRE, J. I. (coords.): *Madrid. El arte de los sesenta*. Consejería de Cultura de la Comunidad de Madrid, 1990, págs. 109-114.
- , «Un cierto Madrid de los setenta», en DUEÑAS, M^a A. (coord.): *23 artistas. Madrid, años setenta*. Consejería de Cultura de la Comunidad de Madrid, 1991, págs. 13-27.
- BORJA, E.: «Teoría y aspectos evolutivos en la obra de Manuel Barbadillo», en *Temas de arquitectura*, núm. 140, Madrid, febrero de 1971, págs. 25-35.
- BOTELLA LLUSIÁ, J.: «La Automática y la Universidad», Madrid, diario *Abc*, 31 de mayo de 1970.
- BOZAL, V.: *Arte del siglo XX en España. Pintura y escultura, 1939-1990*. Madrid, Espasa Calpe, 1995.
- , (a cargo de): *Historia de las ideas estéticas y de las teorías artísticas contemporáneas*. Madrid, Visor, 1996.
- BRIONES MARTÍNEZ, F.: «El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid», en *Revista de Automática*, nº 1, julio-agosto-septiembre 1968, págs. 53-54.
- , «Pintura modular», *Boletín* núms. 8-9, CCUM, enero 1970, págs. 3-19.

- , «Peinture modulaire», en *L'ordinateur et la créativité*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1970, págs. 65-88.
- , «Generación Automática de Formas Plásticas», en el catálogo de la exposición *Formas computadas*, Ateneo de Madrid, mayo 1971.
- , «Informe sobre la reunión de Zagreb», *Boletín* n° 16, CCUM, julio 1971, pág. 63.
- , «Pintura sobre redes moduladas. Descripción de un programa. 1ª parte», *Boletín* n° 17, CCUM, diciembre 1971, págs. 5-7.
- , «Pintura sobre redes moduladas. Descripción de un programa. 2ª parte», *Boletín* n° 18, CCUM, marzo 1972, págs. 3-12.
- , «Op-art lineal», *Boletín* n° 21, CCUM, diciembre 1972, págs. 20-25.
- , «¿Puede una calculadora crear una obra de arte? Generación automática de formas plásticas por medio de ordenadores», en *Obras. Revista de construcción*, n° 118, Madrid, 1973, págs. 40-46.
- , «Hacia una música modular. I. Introducción», en *Informática y Música*, Madrid, Fundación Citema, 1976, págs. 23-29.
- , «Arte y ordenadores en el XVII SIMO y sus antecedentes», en *Boletín* de la Fundación Citema, núm. monográfico sobre «Creatividad e Informática», Madrid, 1977, págs. 7-15.
- , «Arte e informática», en *Análisis e investigaciones culturales*, n° 6, Madrid, Ministerio de Cultura, 1981, págs. 11-30.
- , «La experiencia del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid», en GIL, J. (coord.): *Arte geométrico en España 1957-1989*. Madrid, Centro Cultural de la Villa, 1989, pág. 59.
- BRIONES MARTÍNEZ, F.; SÁNCHEZ MARCOS, M.: «Sobre los giros que transforman una figura plana en sí misma», *Boletín* n° 21, CCUM, diciembre 1972, págs. 25-27.
- BÜRGER, P.: *Theorie der Avantgarde*. Francfort, Suhrkamp Verlag, 1974. (Trad. cast.: *Teoría de la vanguardia*. Barcelona, Península, 1987).
- CAJIDE, I.: «El arte español en los años 60», en GARCÍA-RAMOS SÁNCHEZ, P. y MACUA DE AGUIRRE, J. I.(coords.): *Madrid. El arte de los sesenta*. Consejería de Cultura de la Comunidad de Madrid, 1990, págs. 31-44.
- CALABRESE, O.: *Il linguaggio dell'arte*. Milán, Bompiani, 1985. (Trad. cast.: *El lenguaje del arte*. Barcelona, Paidós, 1987).
- CALVO HERNANDO, M.: «Pinturas con máquina calculadora, presentadas por españoles en París», Madrid, diario *Ya*, 11 de abril de 1970.
- , «Máquinas que pintan y componen música», Madrid, diario *Ya*, abril de 1970.
- , «Máquinas para pintar. Sugestivas experiencias en el Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid», Madrid, diario *Ya*, 21 de julio de 1970.
- CALVO SERRALLER, F.: *Alexanco: proceso y movimiento*. Madrid, Fernando Vijande, 1982.
- , «La constancia de la razón en Barbadillo». Madrid, diario *El País*, 3 de julio de 1982.

- , *España, medio siglo de arte de vanguardia*. Madrid, Fundación Santillana - Ministerio de Cultura, 1984.
- , *Del futuro al pasado. Vanguardia y tradición en el arte español contemporáneo*. Madrid, Alianza, 1988.
- CARABIAS, J.: «La máquina se divierte...», Madrid, diario *Ya*, 24 de junio de 1970.
- CASANOVA, M. (coord.): *Eusebio Sempere. Una antología, 1953-1981*. Valencia, Instituto Valenciano de Arte Moderno, 1998.
- CASTAÑOS ALÉS, E.: «Breve recorrido por cuatro décadas de actividad plástica en Málaga», en CASTAÑOS ALÉS, E. y LUMBRERAS KRAUEL, T. (coords.): *El arte de construir el arte. La colección del Colegio de Arquitectos de Málaga. 1. Artistas malagueños*. Málaga, Colegio de Arquitectos, 1992, págs. 9-23.
- , «Razón, intuición y símbolo. Desarrollo evolutivo y problemas de interpretación en la pintura modular de Manuel Barbadillo». *Boletín de Arte de la Universidad de Málaga*, n° 16, 1995, págs. 287-306.
- , «La estética de los dioses». Málaga, diario *Sur*, 27 de octubre de 1995.
- , (moderador y transcripción): «Mesa redonda sobre la obra de Manuel Barbadillo». *Boletín de Arte de la Universidad de Málaga*, n° 17, 1996, págs. 451-462.
- , *La pintura de vanguardia en Málaga durante la segunda mitad del siglo XX*. Málaga, Fundación Pablo Ruiz Picasso, 1997.
- , «Elena Asins. La realidad del pensamiento», en el catálogo de la exposición *Elena Asins. Menhires*. Málaga, Colegio de Arquitectos, 1998.
- , «Color y estructura en la obra de Tomás García Asensio», en el catálogo de la exposición *Tomás García Asensio*. Diputación Provincial de Málaga, 1999.
- CASTRO ARINES, J.: «Yturalde. Las figuras imposibles». Madrid, diario *Informaciones*, 2 de enero de 1969.
- , «El azar en la inventiva de Alexanco». Madrid, diario *Informaciones*, 30 de enero de 1969.
- , «Las formas plásticas de generación automática: nueve informes españoles sobre ordenadores y el arte nuevo». Madrid, diario *Informaciones*, 9 de julio de 1970.
- , «Arte con computador: Gerardo Delgado». Madrid, diario *Informaciones*, 18 de febrero de 1971.
- CCUM: *El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid*, 1969.
- CECCATO, S.: «Estética y cibernética», en *Suma y Sigue del Arte Contemporáneo*, núms. 7-8, Valencia, 1965, págs. 11-16.
- COBOS, A.: «Exposición de formas plásticas generadas automáticamente», Madrid, diario *Ya*, 25 de junio de 1970.
- COCQART, R.: «Manuel Barbadillo», en *Aspeten: De Computer in the visuale Kunst*. Bruselas, Publicaciones del International Centrum voor Structuranalyse en Constructivisme, 1981.

- CORREDOR MATHEOS, J.: «José Luis Alexanco: la creación, proceso sin término», en SÁNCHEZ BERCIANO, B. y RUIZ SIERRA, J. (coords.): *Alexanco. Percursum*. Barcelona, Centro de Arte Santa Mónica, 1998, págs. 135-136.
- COUFFIGNAL, L.: *La cibernética en la enseñanza*. México, Grijalbo, 1968.
- COVINGTON, J. P.: «Unimaginable Images: An Art of the Space Era», en el catálogo de la exposición *Art of the Space Era*. Huntsville (EE.UU), Museo de Arte, 1978.
- CRAWFORD, F. R.: *Introducción al proceso de datos. Tomo I. Los ordenadores y sus aplicaciones*. Madrid, Ibérico Europea de Ediciones, 1975.
- CRESPO, Á.: «El arte en el Madrid de los años 60», en GARCÍA-RAMOS SÁNCHEZ, P. y MACUA DE AGUIRRE, J. I.(coords.): *Madrid. El arte de los sesenta*. Consejería de Cultura de la Comunidad de Madrid, 1990, págs. 67-74.
- CHÁVARRI, R.: «El arte y la computadora», Madrid, diario *Ya*, 10 de agosto de 1969.
- , «Yturalde, la ciencia convocada a lo irreal». Madrid, diario *Ya*, 24 de abril de 1971.
- CHEVALIER, J. y GHEERBRANT, A.: *Dictionnaire des symboles*. París, Éd. Robert Laffont et Éd. Jupiter, 1969. (Trad. cast.: *Diccionario de los símbolos*. Barcelona, Herder, 1988²).
- DELGADO, G.: «Aplicación de las computadoras a la generación de formas plásticas», *Boletín del CCUM*, abril 1969, págs. 31-35.
- , «Una carta y tres notas como respuesta a mi pregunta de por qué pinté estos cuadros», en TOVAR, I. (coord.): *Gerardo Delgado. Biografía*. Sevilla, Junta de Andalucía, 1993, págs. 84-85.
- DORFLES, G.: *Ultime tendenze nell'arte d'oggi*. Milán, Giangiacomo Feltrinelli Editore, 1961. (Trad. cast.: *Últimas tendencias del arte de hoy*. Barcelona, Labor, 1976).
- DUEÑAS, M^a A. (coord.): *23 artistas. Madrid, años setenta*. Consejería de Cultura de la Comunidad de Madrid, 1991.
- ECO, U.: *La definizione dell'arte*. Milán, Mursia, 1968. (Trad. cast.: *La definición del arte*. Barcelona, Martínez Roca, 1983).
- EFLAND, A.: «An interview with Charles Csuri», en REICHARDT, J. (a cargo de): *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*. Nueva York, Frederick A. Praeger, Inc., Publishers, 1969, págs. 81-84.
- FAGES, J. B.; PAGANO, CH.: *Dictionnaire des media*. Maison Mame, 1971. (Trad. cast.: *Diccionario de los medios de comunicación*. Valencia, Fernando Torres, 1978²).
- FERNÁNDEZ BALLESTEROS, F.: *La informática y el ordenador*. Madrid, Anaya, 1973.
- FERNÁNDEZ BRASSO, M.: «La obra computada de Alexanco». Madrid, diario *Abc*, 9 de marzo de 1974.
- FERNÁNDEZ GARCÍA, A.: *La obra de Eusebio Sempere desde una investigación visual de la pintura*. Madrid, Universidad Complutense, 1989.

- , «Fuera de formato», en CASANOVA, M. (coord.): *Eusebio Sempere. Una antología, 1953-1981*. Valencia, Instituto Valenciano de Arte Moderno, 1998, págs. 69-93.
- FERRATER MORA, J.: *Diccionario de filosofía*. Buenos Aires, Sudamericana, 1971.
- FLÓREZ, E.: «La computadora en los trabajos de José Luis Alexanco». Madrid, diario *El Alcázar*, 19 de marzo de 1974.
- FORMAGGIO, D.: *L'arte*. Milán, Istituto Editoriale Internazionale, 1973. (Trad. cast.: *Arte*. Barcelona, Labor, 1976).
- FRANKE, H. W.: «Estética cibernética», en *Boletín del CCUM*, n° 12, junio 1970, págs. 11-15.
- , *Computergraphik. Computerkunst*. Munich, Verlag F. Bruckmann KG, 1971. (Trad. inglesa: *Computer Graphics-Computer Art*, Londres, Phaidon Press Limited, 1971. *Computer Graphics-Computer Art*, Berlín, Springer-Verlag, 1985²).
- , «El arte y el computador», en *Impulsos: arte y ordenador*, Madrid, Instituto Alemán, 1972, págs. 16-20.
- , «Manuel Barbadillo», en *Angewandte Informatic*, núm. 4, Wiesbaden (Alemania), 1979.
- , «Manuel Barbadillo», en el catálogo de la exposición *Barbadillo*, Universidad Libre de Berlín, agosto-septiembre de 1980.
- , *Computer-Grafik Galerie: Bilder nach Programm. Kunst mi elektronischen Zeitalter*. Colonia, DuMont Buchverlag, 1984.
- FRANKE, H. W.; JÄGER, G.: *Apparative Kunst. Vom Kaleidoskop zum Computer*, Colonia, Verlag M. DuMont Schauberg, 1973.
- GANDARA, C. DE LA: «Yturalde a new geometric world». Palma de Mallorca, *Iberian Daily Sun*, 20 de abril de 1971.
- GARCÍA ASENSIO, T.: «Esquema de un estudio para el tratamiento automático del color», en *Boletín* n° 11, CCUM, abril 1970, págs. 3-7.
- , «Aproximación a un intento de informatizar la plástica». Trabajo inédito presentado para el curso monográfico de doctorado *Concepto, estructura y posibilidades de un museo moderno*, dirigido en la Universidad Complutense de Madrid por el Dr. Luis Alonso Fernández durante el curso 1985-86.
- GARCÍA CAMARERO, E.: «Seminario sulla generazione delle forme plastiche», en *D'ARS*, n°s 46-47, Milán, julio-noviembre 1969, págs. 40-45.
- , «Generación automática de formas plásticas», en AA. VV.: *Ordenadores en el arte*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 1-3.
- , «L'ordinateur et la créativité», en AA. VV.: *L'ordinateur et la créativité*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1970, págs. 5-9.
- , «Un ordinateur peut-il créer une oeuvre d'art?», en *IBM Informatique*, n° 1, 1970, págs. 3-9. (Trad. cast.: «¿Puede un ordenador producir una obra de arte?», en *Informática IBM*, n° cero, Madrid, 1972).

- , «Experiencias y proyectos en 'computer graphics' del Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid», en ALONSO CONCHEIRO, A.; CANALES RUIZ, R. y RODRÍGUEZ VIQUEIRA, L. (editores): *Memorias de la Conferencia Internacional IEEE sobre sistemas, redes y computadoras*. Oaxtepec (México), 1971, págs. 756-760.
- , «Computer art», en VOLLI, U. (a cargo de): *La scienza e l'arte*. Milán, Mazzotta, 1972.
- , «L'art cybernétique», en el catálogo de la exposición *Art et ordinateur*, Burdeos, 1973.
- , «Yturralde y el arte cibernético», en *Triunfo*, núm. 558, Madrid, 9 de junio de 1973.
- , «El ordenador y la creatividad en la Universidad de Madrid a finales de los sesenta», en *Procesos*, Madrid, Ministerio de Cultura, 1986, págs. 177-183.
- , «La pintura informática en la Universidad Complutense», en *Patrimonio Artístico de la Universidad de Madrid*, Madrid, 1989, págs. 56-64.
- GARNERÍA, J. (a cargo de): *Antes del Arte*. Generalitat Valenciana, 1996.
- GHYKA, M. C.: *Esthétique des proportions dans la nature et dans les arts*. París, Gallimard, 1927. (Trad. cast.: *Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes*. Barcelona, Poseidón, 1983).
- GIRALT-MIRACLE, D.: «Radiografía de un pintor: José María Yturralde», en *Destino*, núm. 1731, 5 de diciembre de 1970.
- , «Vagando en el desierto, viendo la estrella. Conversación entre José María Yturralde y Daniel Giralt-Miracle», en MUÑOZ IBÁÑEZ, M. (dir.): *José María Yturralde. Preludios / Interludios*. Diputación de Valencia, 1996, págs. 27-36.
- GIVONE, S.: *Storia dell'estetica*. Roma-Bari, Gius. Laterza & Figli Spa, 1988. (Trad. cast.: *Historia de la estética*. Madrid, Tecnos, 1990).
- GLUSBERG, J.: «Arte y cibernética», en *Arte y cibernética*, Buenos Aires, Centro de Arte y Comunicación (CAYC), 1971.
- GÓMEZ DE LIAÑO, I.: «Electrónica y formas plásticas en el Centro de Cálculo», diario *Madrid*, 2 de junio de 1969.
- , «Entrevista a Silvio Ceccato», diario *Madrid*, 2 de julio de 1969.
- , «Arte y tecnología en el Centro de Cálculo», diario *Madrid*, 17 de julio de 1969.
- , «Entrevista a Abraham Moles», diario *Madrid*, 15 de enero de 1970.
- GÓMEZ DE LIAÑO, I.; SEARLE, G.: *Investigación acerca del reconocimiento y generación automática de los patios platerescos españoles*. Madrid, 1972. Trabajo inédito.
- GÓMEZ DE LIAÑO, I.; SEARLE, G.: «Pintura y perceptrónica. Estudio de transformaciones en pintura», en *Boletín* n° 22, CCUM, marzo 1973, págs. 73-93.
- GÓMEZ PERALES, J. L.: «Un intento de sistematización en la creación plástica», en *Boletín* núms. 8-9, CCUM, enero 1970, págs. 20-27.

- GONZÁLEZ, F. A.: «Máquinas para pintar», Madrid, diario *Ya*, 27 de junio de 1970.
- GONZÁLEZ MAÑAS, C.: *José Luis Alexanco*. Tesis doctoral. Bilbao, Facultad de Bellas Artes, 1987.
- GONZÁLEZ ORBEGOZO, M. (coord.): *Equipo 57*. Madrid, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía / Ministerio de Cultura, 1993.
- GOODMAN, C.: *Digital Visions. Computers and art*. Nueva York, Harry N. Abrams, Inc., Publishers, 1987.
- GREGORY, R. L.(dir.): *The Oxford Companion to the Mind*. Oxford University Press, 1987. (Trad. cast.: *Diccionario Oxford de la mente*. Madrid, Alianza, 1995).
- HARMON, L. D.; KNOWLTON, K. C.: «Computer - generated pictures», en REICHARDT, J. (a cargo de): *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*. Nueva York, Frederick A. Praeger, Inc., Publishers, 1969, págs. 86-87.
- HIERRO, J.: «Yturralde». Madrid, *Nuevo Diario*, 4 de abril de 1971.
- HILLER, L. A.: «Computer music», *Scientific American*, nº 12, 1959. (Trad. cast.: «Música y computadoras», en *Informática y Música*, Madrid, Fundación Citema, 1976, págs. 13-22).
- JIMÉNEZ, J.: «Entrevista a Yturralde», diario *Informaciones*, Madrid, 18 de febrero de 1971.
- JULIÁN, I.: *El arte cinético en España*. Madrid, Cátedra, 1986.
- LEAVITT, R. (a cargo de): *Artist and computer*. Nueva York, Harmony Books, 1976.
- LEIBNIZ, G. W.: «Explicación de la aritmética binaria», en *Impulsos: arte y ordenador*, Madrid, Instituto Alemán, 1972, págs. 5-7.
- LÓPEZ GORGÉ, J.: *Barbadillo*. Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1977.
- LUGÁN, L.: «Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid», en JULIÁN, I.: *El arte cinético en España*. Madrid, Cátedra, 1986, págs. 303-304.
- LLORENS, T. y SIMÓ, T.: «Josep M. Yturralde», en *Gorg*, núm. 17, 1970.
- MADERUELO, J.: «Comentarios a un artículo de Herbert W. Franke», en el *Boletín del seminario de arte e informática*, núm. 2, Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, noviembre de 1980, págs. 15-19.
- MARCHÁN FIZ, S.: «El Cinético, arte del movimiento real». Madrid, diario *Ya*, 8 de junio de 1969.
- , «La ‘estética científica’ de Max Bense», en BENSE, M.: *Introducción a la estética teórico-informacional*. Madrid, Alberto Corazón, 1973, págs. 7-17.
- , *Del arte objetual al arte de concepto, 1960-1974*. Madrid, Akal, 1985.
- , «Los años setenta entre los “nuevos medios” y la recuperación pictórica», en DUEÑAS, M^a A. (coord.): *23 artistas. Madrid, años setenta*. Consejería de Cultura de la Comunidad de Madrid, 1991, págs. 37-59.

- MASIDES, M.: «Formas computadas. La utilización de computadoras en la generación de formas plásticas», *Ibérica-Actualidad Científica*, n° 124, Madrid, octubre 1972, págs. 438-442.
- MASRIERA, M.: «La escuela francesa». Barcelona, diario *La Vanguardia*, 1 de mayo de 1970.
- , «La creación con ordenadores. El Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid». Barcelona, diario *La Vanguardia*, 15 de mayo de 1970.
- , «La creación con ordenadores. Arte y sintaxis». Barcelona, diario *La Vanguardia*, 22 de mayo de 1970.
- MOLES, A.: *Théorie de l'information et perception esthétique*. París, Flammarion, 1958. (Trad. cast.: *Teoría de la información y percepción estética*. Madrid, Júcar, 1976).
- , *Art et ordinateur*. París, Casterman, 1971.
- , «L'art à l'ordinateur: vers où?», en el catálogo de la exposición *Art et ordinateur*, Burdeos, 1973.
- , «Art ex machina», texto de introducción a la carpeta de serigrafías *Computer art*. Montreal, Gilles Gheerbrant, 1973.
- MOLES, A.; ZELTMANN, C. (a cargo de): *La comunicación y los mass media*. Bilbao, Mensajero, 1975.
- MORALES NAVAS, M^a V.: *Entrevista a Manuel Barbadillo*. Torremolinos (Málaga), 1972 o 1973 (grabación inédita).
- MUÑOZ IBÁÑEZ, M. (dir.): *José María Yturralde. Preludios / Interludios*. Diputación de Valencia, 1996.
- NAKE, F.: «Notes on the programming of computer graphics», en REICHARDT, J. (a cargo de): *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*. Nueva York, Frederick A. Praeger, Inc., Publishers, 1969, págs. 77-78.
- NAKOV, A. (coord.): *Dada y constructivismo*. Madrid, Ministerio de Cultura/Centro de Arte Reina Sofía, 1989.
- NEES, G.: «Programming stochastic computer graphics», en REICHARDT, J. (a cargo de): *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*. Nueva York, Frederick A. Praeger, Inc., Publishers, 1969, pág. 79.
- , *Generative Computergrafik*. Berlín, Siemens, 1969.
- NOLL, A. M.: «The Digital Computer as a Creative Medium», *IEE Spectrum*, vol. 4, núm. 10, 1967. (Trad. cast.[extracto]: «La computadora digital como medio creativo», en MARCHÁN FIZ, S.: *Del arte objetual al arte de concepto, 1960-1974*. Madrid, Akal, 1985, págs. 385-387).
- , «A subjective comparison of Piet Mondrian's 'Composition with lines' 1917», en REICHARDT, J. (a cargo de): *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*. Nueva York, Frederick A. Praeger, Inc., Publishers, 1969, pág. 74.
- OLDENBURG, B.: «Los humanoides ibéricos», en *Análisis*, núm. 541, Buenos Aires, 27 de julio de 1971, pág. 61.
- OLIVARES, S. (pseudónimo de Gerardo Delgado): «¿Qué dirección elegirás. —Cualquier dirección—, dije. Entrevista con Gerardo Delgado», en

- TOVAR, I. (coord.): *Gerardo Delgado. Biografía*. Sevilla, Junta de Andalucía, 1993, págs. 61-67.
- OLMO, S. B.: «Geometría poética. Entrevista con Soledad Sevilla», en *Lápiz*, núm. 112, Madrid, mayo 1995, págs. 26-35.
- OSBORNE, H. (coord.): *Guía del arte del siglo XX*. Madrid, Alianza, 1990.
- POPOVICI, C.: «Yturralde», en *SP*, núm. 535, Madrid, 1 de mayo de 1971.
- , «Barbadillo. Apostilla marginal», en *Bellas Artes*, núm. 39, Madrid, enero de 1975.
- POWER, K.: «Una conversación con Soledad Sevilla», en QUERALT, R. y VILLAESPESA, M. (coord.): *Memoria. Soledad Sevilla, 1975-1995*. Madrid, Ministerio de Cultura, 1995, págs. 93-113.
- , «A lo largo del camino. Una conversación con Gerardo Delgado», en TOVAR, I. (coord.): *Gerardo Delgado. Biografía*. Sevilla, Junta de Andalucía, 1993, págs. 80-83.
- PRADA POOLE, J. M.: «Proposición para la obtención de un criterio de selección en la obra pictórica combinatoria», en *Ordenadores en el arte*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 70-74.
- , «Introduction a l'esthétométrie hypothétique», en *L'ordinateur et la créativité*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1970, págs. 89-99.
- QUEJIDO, M.: «El problema del movimiento enfocado desde la nueva plástica», en *Boletín* n° 10, CCUM, febrero 1970, págs. 3-12.
- , «Problemática del movimiento en la nueva plástica», en *Boletín* n° 11, CCUM, abril 1970, págs. 1-3.
- , «Generation d'un champ de structures concrète-cinétiques planes», en *L'ordinateur et la créativité*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1970, págs. 105-115.
- QUERALT, R. y VILLAESPESA, M. (coord.): *Memoria. Soledad Sevilla, 1975-1995*. Madrid, Ministerio de Cultura, 1995.
- REICHARDT, J.: *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*. Nueva York, Frederick A. Praeger, Inc., Publishers, 1969.
- , *The computer in art*. Londres, Studio Vista, 1971.
- RODRÍGUEZ, M.: «Los ordenadores 'exponen' sus obras de arte», diario *Madrid*, 24 de junio de 1970.
- RUIZ, J. (coord.): *Alexanco 1964-1994*. Madrid, T.F. Editores, 1994.
- SALAMANCA, E.: *La génesis de la imaginación creadora...* Texto publicado en el catálogo de la exposición individual del autor en las salas de la Dirección General de Bellas Artes. Madrid, 1971.
- SÁNCHEZ MARÍN, V.: «Yturralde», en *Goya*, núm. 101, Madrid, 1971.
- SÁNCHEZ RON, J. M.: *Diccionario de la ciencia*. Barcelona, Planeta, 1996.
- SANTOS AMESTOY, D.: «Alexanco, el pintor que regresa de la cibernética». Madrid, diario *Pueblo*, 23 de marzo de 1977.
- SARABIA, S.: «Ventajas e inconvenientes de la aplicación de las computadoras en los exámenes». Madrid, diario *Dígame*, 18 de noviembre de 1969.

- SCHNEIDER, H.; SCHNEIDER, L.: *Diccionario de la ciencia para todos*. Madrid, Alianza, 1994.
- SEGUÍ DE LA RIVA, F. J.: «Estética - Información», en *Ordenadores en el arte*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 49-56.
- , «Composition automatique d'espaces architectoniques», en *L'ordinateur et la créativité*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 13-32.
- , «Precisión del problema», en *Boletín* n° 10, CCUM, febrero 1970, págs. 25-33.
- , «Pintura sobre redes moduladas. Conceptos generales», en *Boletín* n° 18, CCUM, marzo 1972, págs. 1-3.
- , «Arte e informática», en *Arte e Informática*, Madrid, Fundación Citema, 1980, págs. 5-11.
- , «Arquitectura e informática», en *Arte e Informática*, Madrid, Fundación Citema, 1980, págs. 13-24.
- SEMPERE, E.: «Yo veo el arte en 1956, así», diario *Levante*, Valencia, 1 de octubre de 1956.
- , «Dos tendencias actuales de la pintura abstracta», en *7ª Exposición Arte Actual del Mediterráneo*, Movimiento Artístico del Mediterráneo, Valencia, octubre 1958.
- , «Arte y técnica», *Tropos*, núms. 3-4, Madrid, abril-septiembre de 1972, pág. 32.
- , «Aprendí la técnica de la serigrafía...», en *Eusebio Sempere*. Obra Gráfica, Galería 42, Barcelona, noviembre de 1974.
- , «Vasarely en Madrid», en *Guadalimar*, núm. 2, Madrid, 5 de mayo de 1975, pág. 37.
- , «Encuentros», en *Cuadernos Guadalimar*, núm. 1, Madrid, Ediciones Rayuela, 1977, págs. 35-38.
- , «Otra dimensión», en *Otra dimensión*, Galería Theo, Madrid, noviembre-diciembre de 1979.
- , «Forma, movimiento, comunicación», en SORIA, F. Y ALMARZAMENICA, J.M. (coord.): *Arte contemporáneo y sociedad*. Salamanca, Instituto Superior de Filosofía de Valladolid / Editorial San Esteban, 1981, págs. 59-63.
- , «Notas biográficas de Eusebio Sempere», en CASANOVA, M. (coord.): *Eusebio Sempere. Una antología, 1953-1981*. Valencia, Instituto Valenciano de Arte Moderno, 1998, págs. 283-288.
- SEVILLA, S.: «Tramas y variaciones. Memoria 1979-80», en el catálogo de la exposición de la pintora celebrada en la galería madrileña Kreisler 2, mayo-junio de 1981.
- SORIA, J. M.: «El 'computer art' ha llegado. Soledad Sevilla, con el concurso de una computadora electrónica, expone sus obras», en *Tele/eXpres*, 3 de octubre de 1970, pág. 6.

- THOMPSON, M.: «An Application of the Graph Theory to Modular Paintings», en *Bulletin of the Computer Arts Society*, Londres, noviembre de 1970.
- , «Computer art: A visual model for the modular pictures of Manuel Barbadillo», en *Leonardo*, vol. 5, núm. 3, 1972, págs. 209-217. (Trad. cast.: «Arte por ordenador: un modelo visual para las pinturas modulares de Manuel Barbadillo», en CASTAÑOS ALÉS, E. (coord.): *Manuel Barbadillo. Obra modular (1964-1994)*. Málaga, Fundación Pablo Ruiz Picasso, 1995, págs. 43-53).
- TORRE, A. DE LA: «Ida y vuelta: Sempere en España», en CASANOVA, M. (coord.): *Eusebio Sempere. Una antología, 1953-1981*. Valencia, Instituto Valenciano de Arte Moderno, 1998, págs. 37-67.
- TOVAR, I. (coord.): *Gerardo Delgado. Biografía*. Sevilla, Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, 1993.
- WIENER, N.: *Cybernetics or control and communication in the animal and the machine*. Nueva York, The Technology Press and John Wiley & Sons, 1948. (Trad. cast.: *Cibernética*. Madrid, Guadiana, 1971; *Cibernética o el control y comunicación en animales y máquinas*. Barcelona, Tusquets, 1985).
- , *The Human Use of Human Beings. Cybernetics and Society*. Boston, Houghton Mifflin Company, 1950. (Trad. cast.: *Cibernética y sociedad*. Buenos Aires, Sudamericana, 1969²).
- , *God and Golem*. Cambridge, The Massachusetts Institute of Technology, 1964. (Trad. cast.: *Dios y Golem, S.A. Comentario sobre ciertos puntos en que chocan cibernética y religión*. México, Siglo XXI, 1967).
- , *Invention. The Care and Feeding of Ideas*. Massachusetts Institute of Technology, 1993. (Trad. cast.: *Inventar. Sobre la gestación y el cultivo de las ideas*. Barcelona, Tusquets, 1995).
- YÑIGUEZ, J.A.: «Entrevista con Gerardo Delgado», en TOVAR, I. (coord.): *Gerardo Delgado. Biografía*. Sevilla, Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía, 1993, págs. 76-79.
- YTURRALDE, J. M^a: «Sistematización del análisis pictórico con vistas a la generación plástica con ordenador», en *Ordenadores en el arte*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 35-40.
- , «Ejemplo de una aplicación metodológica continuando un trabajo sobre estructuras geométricas», en *Ordenadores en el arte*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 41-45.
- , «Computer art», en *Ordenadores en el arte*, Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969, págs. 75-76.
- , *Estructuras 1968-1972. Series Triangular - Cuadrados - Cubos - Prismas*. Madrid, Ministerio de Educación y Ciencia, 1973.
- , (coord.): *El mundo de Escher: el espacio transfigurado*. Madrid, Fundación Carlos de Amberes, 1996.
- ZUSE, K.: «Las ciencias y las máquinas calculadoras», en *Impulsos: arte y ordenador*. Madrid, Instituto Alemán, 1972, págs. 8-16.

Catálogos de exposiciones

- Nueva Generación*. Madrid, sala Amadís, mayo de 1967.
- Arte Objetivo*. Madrid, Sala de exposiciones de la Dirección General de Bellas Artes, octubre de 1967.
- Nueva Generación*. Madrid, galería Edurne, diciembre de 1967.
- Antes del Arte*. Madrid, galería Eurocasa, octubre de 1968.
- Alexanco*. Madrid, galería Biosca, 1969.
- VIII Mednarodna Graficna Razstava*. Liubliana (Eslovenia), 1969.
- VI Bienal de París*. París, 1969.
- Formas computables*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1969.
- Generación automática de formas plásticas*. Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1970.
- Computer-70 Exhibition*. Londres, The Computer Arts Society and the Arts Council of Great Britain, 1970.
- Alexanco*. Cracovia (Polonia), galería Pryzmat, 1970.
- Hombre-Espacio*. Madrid, galería Amadís, 1970.
- José Luis Gómez Perales*. Madrid, galería Eurocasa, 1970.
- Arte y cibernética*. Buenos Aires, Centro de Arte y Comunicación (CAYC), abril de 1971.
- Arte de sistemas*. Buenos Aires, Centro de Arte y Comunicación (CAYC), Museo de Arte Moderno, julio de 1971.
- Arteónica*. São Paulo, Fundación Armando Alvares Penteado, 1971.
- Alexanco*. XI Bienal de São Paulo (sala personal de escultura), 1971.
- L'ordinateur et l'Art*. París, sede de IBM-Francia, 1971.
- The computer assisted art*. Madrid, Palacio de Congresos y Exposiciones, marzo-abril de 1971.
- Formas computadas*. Ateneo de Madrid, mayo de 1971.
- Enrique Salamanca*. Madrid, salas de la Dirección General de Bellas Artes, 1971.
- Impulsos: arte y ordenador*. Madrid, Instituto Alemán, 1972.
- Homenaje a Mondrian*. Madrid, galería Daniel, 1972.
- Canadian Computer International Exhibition*. Universidad de Montreal (Canadá), 1972.
- Art et ordinateur*. Burdeos, 1973.

Tendencijs 5. Zagreb (Croacia), galería Grada Zagreba, 1973.

Yturralde. Estructuras 1968-1972. Series Triangular - Cuadrados - Cubos - Prismas. Madrid, Museo Español de Arte Contemporáneo, salas de la Dirección General de Bellas Artes, mayo de 1973.

José Luis Gómez Perales. La Chaux-de-Fonds (Suiza), Museo de Bellas Artes, 1973.

Barbadillo. Madrid, Museo Español de Arte Contemporáneo, salas de la Dirección General de Bellas Artes, noviembre de 1974.

Computadores y Humanismo. San Diego, University of Southern California, 1975.

Art of the Space Era. Huntsville (Alabama, EE.UU.), Centro Cívico Von Braun, del Museo de Arte de Huntsville, 1977-1978.

Nueva Generación 1967-77. Madrid, Palacio de Velázquez, julio-septiembre de 1977.

Forma y medida en el arte español actual. Madrid, Salas de exposiciones de la Dirección General del Patrimonio Artístico, Archivos y Museos, 1977.

Soledad Sevilla. Madrid, Salas de exposiciones de la Dirección General del Patrimonio Artístico, Archivos y Museos, octubre 1978.

Elena Asins. Madrid, Salas de exposiciones de la Dirección General del Patrimonio Artístico, Archivos y Museos, diciembre 1979-enero 1980.

Barbadillo. Universidad Libre de Berlín, agosto-septiembre de 1980.

Brussels International Festival of Electronic Music, Video and Computer Art. Bruselas, Palais des Beaux Arts, 1981.

L'art et l'ordinateur. París, Forum Les Halles, 1982.

Propuestas Objetivas. Madrid, galería Fernando Vijande, mayo-junio de 1985.

Procesos. Madrid, Centro de Arte Reina Sofía, mayo de 1986.

ACM SIGGRAPH, 86 Art Show. Dallas (Texas, EE. UU.), 1986.

Art in the Computer Age. Syracuse (Nueva York), The Everson Museum of Art, 1987.

Computers and Art. Nueva York, IBM Gallery of Science and Art, 1988.

Electronic Print. Bristol (Reino Unido), Bristol Polytechnic and the Arnolfini Gallery, 1989.

Arte geométrico en España 1957-1989. Madrid, Centro Cultural de la Villa, abril 1989.

Madrid. El arte de los 60. Madrid, Sala de Exposiciones de la Comunidad de Madrid, 1990.

23 artistas. Madrid, años setenta. Sala de Exposiciones de la Comunidad de Madrid, febrero-abril de 1991.

Gerardo Delgado. Biografía. Sevilla, Museo de Arte Contemporáneo, noviembre de 1993-enero de 1994.

José Luis Alexanco 1964-1994. Logroño, Sala Amós Salvador, noviembre-diciembre de 1994.

Memoria. Soledad Sevilla 1975-1995. Madrid, Palacio de Velázquez, mayo-julio de 1995.

Manuel Barbadillo. Obra modular 1964-1994. Málaga, Palacio Episcopal, 1995.

José María Yturralde. Preludios / Interludios. Valencia, Sala Parpalló, diciembre 1996-febrero 1997.

Antes del Arte. Nueva York, The Spanish Institute, 1996-1997. Esta exposición, que en 1997 pudo verse en Valencia, fue patrocinada por la Generalitat Valenciana, institución que editó también el catálogo.

Los Encuentros de Pamplona 25 años después. Madrid, Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, julio-septiembre de 1997.

Eusebio Sempere. Una antología, 1953-1981. Valencia, Instituto Valenciano de Arte Moderno, 1998.

Alexanco. Percursum. Barcelona, Centro de Arte Santa Mónica, junio-septiembre de 1998.

Tomás García Asensio. Málaga, Centro Cultural Provincial, mayo de 1999.

Índice analítico

Abreviaturas:

CCUM (Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid)

SGAFP (Seminario de Generación Automática de Formas Plásticas)

Aberdeen Proving Ground, Maryland, Estados Unidos, 18

Abstracciones electrónicas, por Ben F.

Laposky, 31

Acero Verdú, Ángeles, 91

Adamo II (primer modelo electromecánico de operaciones mentales), 26

Adrian, Marc, 118

Aele-Evelyn Botella, galería de arte, Madrid, 147

Aguilar García, María Dolores, 147

Aguilera Cerni, Vicente, 57, 60, 76, 95, 96, 98, 107, 109, 110, 119, 130, 131, 162, 163, 164

Aguirre, Juan Antonio, 94, 138, 139, 188

Agustín de Hipona (San), 25

Aiken, Howard H., 18

Alberdi Alonso, Javier, 90

Albers, Josef, 107

Alberti, Leon Battista, 184, 256, 257

Alcobendas, Miguel, 150

Alexanco, José Luis, 1, 7, 87, 93, 96, 101, 102, 103, 107, 109, 113, 115, 116, 117, 119, 120, 203, 204, 205, 210, 214, 222, 252;

autonomía del programa estético, 160; el programa MOUVNT, 160; elabora él mismo los programas, 74, 99, 120, 154; etapa precedente al uso del ordenador, 152; la objetivación de las formas y contenidos expresivos, 155; relevancia de la fase

- procesual de elaboración de la obra artística
 cibernética, 156, 160; sintetiza el desarrollo
 procesual de su obra artística cibernética,
 157, 158, 159
- Alexander, Christopher, 228
- Algol, lenguaje de programación, 267
- algoritmo: noción de, 22
- Al-Huwarizmi, 22
- Alicia en el País de las Maravillas*, 23
- Alonso Fernández, Luis, 87
- Alsleben, Kurd, 31, 32, 34, 53, 109, 118;
Ästhetische Redundanz, 32
- Álvarez Butragueño, Carmelo, 91
- Álvarez Cienfuegos, F., 96, 124, 179, 214, 257,
 265
- Álvarez Villar, Alfonso, 70
- Amadís, galería de arte, Madrid, 94
- Amador Rodríguez, 8, 107, 210, 254; resumen
 de su evolución, 108
- American Telegraph and Telephone Company,
 37
- Amo, A. del, 96
- Ampère, André Marie, 14
- An Assembly of New Tools of Design*,
 exposición, 49
- Antes del Arte, tendencia y grupo de artistas,
 60, 130, 162, 163
- Apolodoro, 90, 91
- Apostolado* (Catedral de Toledo), por El
 Greco, 179, 183, 256, 259
- Arés Escolar, Adela, 91, 184
- Arés, María Pilar, 184
- Arnheim, Rudolf, 40, 82. Véase estética
 cibernética
- Arques Soler, Francisco, 90
- Arrechea, Eduardo, 96, 199, 210, 265
- Art Club, Munich, Alemania, 49
- Art et Informatique*, exposición, 51
- Art et Ordinateur*, exposición, Bruselas, 51
- Art et Ordinateur*, exposición, Burdeos, 51
- Art In / Art Out*, exposición, 51
- Art of the Space Era*, exposición, 51, 52, 261
- Art1, lenguaje de programación, 47
- Arte de sistemas*, exposición, 50
- Arte e Información, grupo de trabajo, 48
- Arte y cibernética*, exposición, 50
- Arte y Cibernética, grupo de trabajo, 48
- Arte y Computadoras*, exposición, 50
- Arte y ordenadores*, simposio internacional,
 Zagreb, Croacia, 50
- Arteónica*, exposición, 50
- Artiste et Ordinateur*, exposición, 51
- Arts and the Computer*, exposición, 51
- Arts et Informatique*, exposición, 51
- Ashworth, E. Robert, 47, 115, 211
- Asins, Elena, 1, 7, 66, 103, 109, 113, 131, 188,
 200, 211, 254; escribe sobre Mondrian, 60,
 107; imprecisión cronológica de su
 participación en el SGAFP, 97; su idea de,
 67
- Asociación Española de Automática, 114
- Ateneo de Madrid, 50, 117
- Auf dem Wege zur Computerkunst*, exposición,
 49
- Autocad*, programa de dibujo, 123
- autómatas. Véase Leibniz, Pascal, Wiener
- Axis-Paralle maze*, por Georg Nees, 35
- Babagge, Charles, 18
- Balart, Waldo, 8, 96
- Ballistic Research Laboratory, Aberdeen,
 Maryland, Estados Unidos, 18, 33
- Barbadillo, Manuel, 1, 5, 6, 7, 33, 37, 56, 87,
 96, 101, 103, 107, 109, 110, 113, 115, 116,
 117, 120, 124, 131, 132, 133, 176, 188, 203,
 204, 205, 206, 210, 211, 212, 216, 219, 221,
 224, 251, 252, 254, 264. Véase estética
 cibernética; aparición del vocabulario
 modular, 141; busca un criterio selectivo
 discriminatorio, 75, 144, 145; condición, 9;
 considera la máquina como herramienta de
 trabajo, 73, 126, 150; el concepto de belleza
 según, 53; el factor intuitivo y, 146; el
 programa estético y, 70; enriquecimiento del
 vocabulario modular, 145; factor clave en la
 creación del SGAFP, 93, 94, 95; la
 cibernética como imagen del mundo según,
 53, 55, 151; la cuestión del ritmo en la obra
 modular de, 145; opina sobre el carácter
 conceptual del producto artístico cibernético,
 53; periodo de crisis en la evolución de, 100,
 102; periodo protomodular, 135, 136, 137,
 138, 139, 140; presencia en su obra de las
 dos actitudes generadoras de la estética
 cibernética descritas por Moles, 74; se
 pronuncia sobre la cuestión del significado
 de la obra artística, 84; simbolismo de la
 obra modular de, 147, 148, 149; sobre la
 relevancia artística del ingrediente
 cibernético, 53, 55, 150; su obra tomada
 como referencia en el CCUM para la
 confección de programas, 75, 95, 121;
 Wiener y, 9
- Barceló, M., 18
- Batelle Memorial Institute, Columbus, Ohio,
 Estados Unidos, 30
- Bateson, Gregory, 22

- Bat-Sheva-Seminar on the Interaction of Art and Science*, Jerusalén, 51
- BBC International Television, Londres, 119
- Beckmann, Otto, 118
- Bek, Bozo, 121
- Bell Telephone Laboratories, Murray Hills, New Jersey, Estados Unidos, 37, 40, 44, 266
- Bell, Alexander Graham, 37
- Benito Montes, Fernando, 91
- Bense, Max, 10, 24, 34, 44, 58, 62, 66, 82, 109, 111, 119, 182, 184, 200, 257. Véase *estética cibernética*, *estética semiótica*; *Aesthetica. Einführung in die neue Aesthetik*, 64; establece diferencia entre información estética e información semántica, 76; *Estética. Consideraciones metafísicas sobre lo bello*, 63; *Introducción a la estética teórico-informacional*, 63, 64; perfil intelectual, 63
- BENSON 1284 (computadora), 71
- Bergson, Henri, 25
- Bertin, J., 98
- Beyls, Peter, 51
- Biblioteca Nacional, Madrid, 1
- Bigelow, Julian H., 17
- Bill, Max, 58, 109
- Billingsley, John, 109
- biónica. Véase *cibernética*
- Birkhoff, George David, 62, 64, 182; *cociente de medida de*, 67
- Blasco Vizcaíno, María del Carmen, 91
- Boccaccio, Giovanni, 237
- Boeing Company, Renton, Washington, Estados Unidos, 32
- Boletín del CCUM*, revista, 98
- Bolitho, D., 31
- Boltzmann, Ludwig, 24
- Bonacic, Vladimir, 51
- Bonet, Juan Manuel: crítico severo de la experiencia desarrollada en el CCUM, 130, 131, 132, 133
- Botella Llusia, José, 88, 90, 114
- Botticelli, Sandro, 236
- Bozal, Valeriano, 64
- Brighton Polytechnic, Brighton, Reino Unido, 47
- Briones Martínez, Florentino, 1, 6, 31, 49, 50, 71, 88, 89, 90, 93, 94, 96, 98, 101, 103, 105, 112, 114, 115, 116, 118, 119, 124, 128, 133, 146, 176, 184, 198, 204, 235, 246, 251, 253, 254, 255, 264, 265; critica la ignorancia sobre la función de la computadora en el trabajo artístico, 79; deja el CCUM, 87; director del CCUM, 86; dirige el SGAFP, 102; elabora programas informáticos que faciliten la tarea de los artistas, 121; García Asensio habla de, 86; la computadora como herramienta de trabajo, 79, 116; se interesa porque los artistas del SGAFP aprendan lenguaje de programación, 99, 120; Silvio Ceccato habla de, 86; síntesis de *Op-art lineal*, programa informático de, 124; síntesis de *Permutaciones*, programa informático de, 123; síntesis de *Pintura modular*, programa informático de, 121; síntesis de *Pintura sobre redes moduladas*, programa informático de, 122
- Briones Martínez, María Luisa, 91
- Brock, Fred V., 36
- Brunel University, Uxbridge, Reino Unido, 49
- Brys-Schatan, G., 51
- Buenaventura, Ana, 96, 105, 117, 126, 197, 213, 214, 254
- Bunge, Mario, 98
- Bürger, Peter: sobre la cuestión del significado en las obras de la vanguardia, 84
- Bush, Vannevar, 15
- Cabrero, F., 96
- Calabrese, Omar, 62, 64, 82
- Calder, Alexander, 238
- Calvo Hernando, Manuel, 80, 114, 116
- Calvo Serraller, Francisco, 152, 160
- Camacho Martínez, Rosario, 147
- Campal, Julio, 174
- Carabias, Josefina, 116
- Carbonell Soto, Lorenzo, 113, 145, 176, 245
- Carbonell, F., 96
- Carlos, J. L. de, 96
- Carnap, Rudolf, 21
- Carvajal, G., 96
- Casanova, María, 108, 174, 175
- Casas Gómez, M. de las, 96, 113
- Casaseca Jiménez, Felisa, 91
- Cassirer, Ernst, 265
- Castaños Alés, Enrique, 9, 84
- Castro Arines, José, 116
- CDC 1604 (computadora), 70
- Ceccato, Silvio, 26, 27, 52, 86, 110; su interés en las máquinas traductoras, 22
- Central Savings Bank, Viena, 49
- Centro de Arte y Comunicación, Buenos Aires, 48, 50
- Centro de Cálculo de la Compañía Siemens, Erlangen, Alemania, 34
- Centro de Cálculo de la Universidad de Madrid, 1, 5, 6, 7, 8, 9, 41, 49, 50, 54, 56, 66, 67, 70, 73, 78, 79, 80, 86, 202; carácter

- interdisciplinar de los seminarios, 14, 48, 92;
contactos entre los seminarios, 93, 98;
creación del, 85; descripción del edificio del,
89; equipo electrónico del, 89; formación del
personal adscrito al, 91; imprecisión de las
funciones directivas, 98; inauguración del,
90; *L'ordinateur et la créativité*, 115, 265;
Ordenadores en el arte, 60, 107, 112, 115,
265; orientación dada por sus responsables
al, 92; personal adscrito al, 90; prestaciones
y servicios del, 88, 100; relaciones
internacionales, 114; seminario de
Composición de Espacios Arquitectónicos,
93, 94; seminario de Lingüística Matemática,
93, 94
- Centro de Cálculo de la Universidad de
Stuttgart, Alemania, 36
- Centro de Cálculo de la Universidad Mc Gill,
Canadá, 47
- Centro de Cibernética y de Actividades
Lingüísticas de la Universidad de Milán, 22,
26, 86, 110
- Centro de Cultura de Suecia, París, 51
- Centro Nazionale Universitario di Calcolo
Electronico, Pisa, Italia, 47
- Chávarri, Raúl, 111
- Chevalier, Jean, 166
- Chicano, Eugenio, 1
- Church, Alonzo, 222
- cibernética. Véase Barbadillo, Leibniz, Wiener;
neurofisiología y, 20; biónica y, 20;
consecuencias morales de la, 26; el desafío
de las máquinas de traducir, 22; hipótesis
sobre las consecuencias sociales de su
aplicación, 26; John von Neumann y la, 19;
lógica matemática y, 20; Moles define la, 14;
Platón y la, 14; procedencia griega del
término, 14; su relación con las ciencias
sociales, 22; su relación con otras ciencias,
20
- Círculo de Praga, 62
- Círculo de Viena, 21
- Ciscar, Consuelo, 1
- CISI (Compagnie Internationale de Service en
Informatique), París, 51
- Citron, Jack P., 118
- Club Urbis, Madrid, 112
- Cobol, lenguaje de programación, 267
- Cobos, Antonio, 129
- Cohen, Dan, 118
- Collado, Juan, 1
- Collingwood, R. G., 261
- Composición con líneas*, por Piet Mondrian,
39, 266
- Composición con rojo, amarillo y azul*, por
Piet Mondrian, 107
- Composition with Squares*, por Frieder Nake,
33
- computer art*: periodización según Barbadillo,
29
- Computer Arts Society, 49, 50, 145
- Computer Ballet*, por la BBC International
Television de Londres, 119
- Computer Composition with Lines*, por A.
Michael Noll, 33
- Computer Generated Art Exhibit*, exposición,
51
- computer graphic*. Véase gráficos de ordenador
- Computer Graphics 70*, simposio internacional,
Uxbridge, Reino Unido, 49
- Computer Plotter Art*, exposición, 49
- Computer Technique Group, 41, 42, 43, 61,
118, 202
- Computerkunst - On the Eve of Tomorrow*,
exposición, 49
- Computers and Automation*, revista, 33, 37, 45
- Computers and Visual Research*, simposio
internacional, Zagreb, Croacia, 49
- Comscul IV, lenguaje de programación, 47
- Congreso de Automática, Madrid, 49; resumen
del, 114
- Congreso Internacional de Matemáticas,
Bologna, Italia, 67
- Consejo Nacional de Investigación de Italia, 26
- Consejo Superior de Investigaciones
Científicas, Madrid, 88
- Cordeiro, Waldemar, 50
- Corredor Matheos, José, 119
- Couffignal, Louis, 15
- Covington, J. P., 52, 263, 265
- Crawford, F. Robert, 18, 19
- Creación por ordenador, La*, simposio
internacional, París, 49
- Croce, Benedetto, 62
- Csuri, Charles, 47, 48, 55, 61, 118; Barbadillo
y, 45
- Current*, por Bridget Riley, 57
- curvas de Lissajous. Véase Lissajous
- Cybernetic Serendipity*, exposición, 6, 44, 109,
126, 203, 261; crítica de Yturralde a, 78
- Cybernetic Symbiosis*, exposición, 51
- Darro, galería de arte, Madrid, 112
- Dartmouth College, Hanover, New Hampshire,
Estados Unidos, 37
- Das Lichtrequisit*, por Laszlo Moholy-Nagy,
175
- DATATRON (computadora), 31

- Decamerón*, de Giovanni Boccaccio, 237
- Dédalo, 11
- Delgado, Gerardo, 1, 7, 96, 115, 116, 117, 133, 205, 211, 213, 214, 254; a favor del trabajo en equipo, 126; ferviente partidario del uso de las nuevas tecnologías en el arte, 125; investigación con módulos, 195; resume su trabajo en el CCUM, 196
- Demarne, Pierre, 76, 114; defiende el carácter instrumental de la máquina, 79
- Denise René, galería de arte, París, 108, 109
- Departamento de Arte de la Universidad de Massachusetts, Estados Unidos, 46
- Departamento de Arte de la Universidad de Ohio, Estados Unidos, 45
- Departamento de Ciencias de la Computación de la Universidad de Toronto, Canadá, 40
- Departamento de Diseño de la Southern Illinois University, Estados Unidos, 47
- Departamento de Matemáticas de la Universidad de Asunción, Paraguay, 87
- Díaz Hochleitner, Ricardo, 90
- Diputación Provincial, Málaga, 5
- Domínguez Crespo, Miguel, 91
- Dorfles, Gillo, 58, 98
- Dueñas, María Ángeles, 1, 133
- Eco, Umberto, 62, 77, 82, 98
- Eduerne, galería de arte, Madrid, 94
- EDVAC (Ordenador electrónico automático de variables discretas), 18
- Efland, Arthur, 45
- Eguibar, Teresa, 117, 118
- Einstein, Albert, 26
- Eizaguirre, 96
- Elektronische Graphik*, exposición, 31
- Eleta, Ramón, 96, 199
- Encuentros de Pamplona, 184, 214
- ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer), 18, 19
- entropía: Boltzmann y la, 18; Gibbs y la, 25; ruido y, 72; Wiener y la, 21, 151
- Equipo 57, 8, 107, 109, 112, 130, 131, 210
- Escher, Maurits Cornelis, 163
- Escuela de Bellas Artes, Hamburgo, Alemania, 31
- Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Sevilla, 195
- Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Complutense, Madrid, 105, 168
- Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica, Madrid, 169, 179, 184, 251
- Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación, Málaga, 29
- estética cibernética: crítica de Arnheim a la estética de la información, 82; crítica de Formaggio a la, 82; Gómez de Liaño opina sobre la, 82; ideas de Max Bense sobre la, 63; la, 67, 68; los, 71; Maltese contra la estética informacional, 81; Moles y la, 64, 73; Nike y la, 36; Nike y la, 70; primacía del aspecto procesual de la obra artística cibernética, 75; programas estocásticos y, 72; semántica y, 76, 77
- estética de la información. Véase estética cibernética
- estética generativa. Véase estética cibernética
- estética numérica. Véase estética cibernética
- estética semiótica, 62. Véase Gómez de Liaño, Marchán Fiz; Max Bense y la, 68; Morris y la, 64; Peirce y la, 64
- estetómetro. Véase García Camarero, Prada Poole
- Event One*, exposición, 49
- Experimentelle Ästhetik*, exposición, 31
- Experiments on Art and Technology, grupo de trabajo, 49, 126, 202
- Fechner, Gustav Theodor, 62
- Federico II Hohenstaufen, emperador de Alemania, 172
- Fernández Ballesteros, Francisco, 12
- Fernández Barberá, Mario, 1, 8, 49, 93, 94, 96, 98, 114, 154, 175, 203, 204, 210, 211, 234, 240, 246, 251; atento observador de la plástica contemporánea, 87; hombre de confianza de IBM en el CCUM, 87; motor de los seminarios del CCUM según Alexanco, 87; se interesa en el adiestramiento informático de los artistas, 87
- Fernández Flórez, Irene, 90, 96
- Fernández García, Antonio, 174, 175
- Ferrater Mora, José, 19
- Festival Ars Electronica, Linz, Austria, 51
- Festival de Bellas Artes Contemporáneas, Madison, Wisconsin, Estados Unidos, 49
- Fetter, William A., 32, 52, 61, 69, 118
- Fibonacci, Leonardo, 172, 259
- Filarmónica de Nueva York, 38
- Finkle, Ivan L., 30
- Fisac Serna, Miguel, 1; proyecta el edificio del CCUM, 89
- Fisher, R. A., 17
- Flores Romero, Emilio, 91
- Formaggio, Dino, 64, 82. Véase estética cibernética

- Formas computables*, exposición, 49, 78, 101, 111, 112, 171, 175, 186, 189, 195, 210, 265; actividades paralelas, 110, 111; se describe y comenta, 107, 108, 109
- Formas computadas*, exposición, 50, 117, 186, 188, 265; se describe y comenta, 118
- Forsythe Gallery, galería de arte, Ann Arbor, Michigan, Estados Unidos, 36
- Fortran II, lenguaje de programación, 183
- Fortran IV, lenguaje de programación, 154, 183, 199, 229
- Fortran, lenguaje de programación, 211, 267
- Fraga, S., 96
- France, A. M., 118
- Frank, Helmar, 118
- Franke, Herbert W., 30, 31, 42, 46, 50, 62, 105, 116, 118, 119, 157, 211, 265; concede primacía a la fase conceptual de la obra artística cibernética, 76
- Frankenstein, mito de, 253
- Frechilla, Lorenzo, 8, 117, 118
- Freyman, 13
- Fuchshuber, Roland, 118
- Fujino, Koji, 41
- Fundación Carlos de Amberes, Madrid, 163
- Fundación Juan March, Madrid, 245
- Fundación Pablo Ruiz Picasso, Málaga, 1
- Gale Biggs, W., 36
- Galería d, galería de arte, Frankfurt del Main, Alemania, 34
- Galerija Grada Zagreba, galería de arte, Zagreb, Croacia, 121
- García Asensio, Tomás, 1, 7, 86, 88, 96, 97, 101, 102, 107, 109, 115, 116, 117, 131, 133, 205, 211, 213, 214, 254; investigación sobre el tratamiento automático del color, 169, 170; resume su investigación en el CCUM, 171
- García Camarero, Ernesto, 1, 5, 6, 14, 48, 49, 59, 85, 88, 95, 96, 98, 103, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 124, 125, 129, 132, 133, 145, 150, 175, 176, 203, 204, 207, 210, 211, 235, 239, 246, 251, 254. Véase SGAFP; artífice de la creación del SGAFP, 87; concibe la computadora como herramienta auxiliar del artista, 73, 92; director de los seminarios del CCUM, 93, 97, 101; ideas sobre la técnica, 80; la semántica del objeto artístico y, 66, 81; promotor de los seminarios del CCUM, 93; reflexiona sobre la relación arte-ciencia, 80; se distancia del SGAFP, 87, 102; sugiere construir un, 67
- García Escudero, Pío, 90
- García Fernández, M. A., 96, 105
- García Guijarro, Emilio, 180
- García Martínez, Armando, 180
- García Nart, M., 96
- García Quijada, A., 96
- García Redondo, José Andrés, 180
- García Santesmases, 114
- García Zorrilla, Jesús, 180
- García-Germán Cruz, Francisco Javier, 180
- Garnería, José, 1, 57, 108, 162, 163, 164
- Garriga, Ramón, 96, 111
- Generación automática de formas plásticas*, exposición, 36, 41, 47, 49, 78, 129, 171, 173, 186, 188, 196; actividades paralelas, 116; se describe y comenta, 115
- generadores casuales. Véase estética cibernética, Nake, Nees
- Generalitat Valenciana, 1
- Gestalt*, 64, 107, 162
- Gheerbrant, Alain, 166
- Ghyka, Matila C., 165
- Gibbs, Josiah Willard, 25; Wiener y, 24
- Gil, Julián, 1, 131, 169, 251
- Giralt-Miracle, Daniel, 162
- Girl*, por Leslie Mezei, 41
- Givone, Sergio, 64
- Glow-flow*, exposición, 49
- Glowtran, lenguaje de programación, 50
- Glusberg, Jorge, 43, 44, 49, 50
- Gödel, Kurt, 222
- Goldstine, Herman H., 18, 19. Véase von Neumann
- Golem, 12
- Gómez de Liaño, Ignacio, 1, 7, 22, 27, 71, 76, 86, 95, 96, 105, 106, 110, 111, 114, 116, 133, 188, 205, 211, 214, 255. Véase estética cibernética; coordinador del SGAFP, 101; investigación sobre el *Apostolado* de El Greco (en colaboración con Guillermo Searle), 183, 184, 185; investigación sobre los patios platerescos españoles (en colaboración con Guillermo Searle), 179, 180, 182, 183; opiniones sobre estética desde una perspectiva semiótica, 66; opiniones sobre sociología del arte, 111
- Gómez Perales, José Luis, 1, 7, 96, 101, 105, 115, 116, 117, 131, 133, 205, 211, 213, 214, 219, 254, 259; estudio sobre la sistematización de la composición y sistematización del color, 171, 172, 173
- González Díez, Antonio Agustín, 91
- González Estechea, F. J., 96, 105
- González Orbegozo, Marta, 109

- González, Félix Antonio, 116, 129
 Goodman, Cynthia, 44, 53
 Goya y Lucientes, Francisco de, 179, 214, 257
 gráficos de ordenador. Véase *plotter*; contactos bilaterales entre autores de diversos países, 40; el debate sobre la artisticidad de los primeros, 29, 37, 38, 51, 52, 54, 55, 57; influencia de los matemáticos e ingenieros en la morfología de los primeros, 58; la figuración y los primeros, 61; primera exposición de, 28; similitud morfológica de los primeros, 59
 Grassl, Alfred, 118
 Greco, El, 179, 183, 214, 256, 257, 258
 Greenham, Lily, 8, 107, 108, 110, 113, 211; filiación artística, 108
 Gregory, Richard L., 98
Grenzgebiete der bildenden Kunst, exposición, 50
 Gropius, Walter, 174
 Guerrero Villalba, Juan, 180
 Gutiérrez Marcos, Javier, 180
- Hales, Wayne B., 30
 Halfffter, Cristóbal, 174
 Hansmann, Georg, 263
 Harmon, Leon D., 44
 Harris Walker, Evan, 118
 Harrison, Paul R., 36
 Hartung, Hans, 37
 Hartwig, P., 33
 Hegel, Jorge Guillermo Federico, 62, 63
 Heims, Steve Joshua, 13
 Helmhaus, Zurich, 58
 Helmholtz, Hermann Ludwig F. von, 62
 Hertlein, Grace C., 51
 Hesselgren, S., 98
 Hiller, Lejaren A., 31, 77, 78, 96
Historia de Nastagio degli Onesti, por Sandro Botticelli, 237
 HITAC 5020 (computadora), 70
 Hollerith, Herman, 46
 Homero, 255
 Howard Wise, galería de arte, Nueva York, 36
 Howard, Milton, 118
 Hoz, Enrique de la, 121, 222
 Huarte, Juan, 174
Huellas significativas, por Georg Nees, 119
- Ibemia*, por Josep Maria Mestres Quadreny, 96
 IBM (International Business Machines Corporation), 46, 128
 IBM 1401 (computadora), 70, 89
 IBM 1620 (computadora), 183
 IBM 370 (computadora), 183
 IBM 7070 (computadora), 70, 88
 IBM 7090 (computadora), 47, 70, 89, 168, 229, 267
 IBM 7094 (computadora), 41
 IBM, división de Alemania, 35
 IBM, Madrid, 8, 85, 87, 117, 174, 184. Véase Fernández Barberá; concede becas al CCUM, 91; donación del equipo electrónico del CCUM por, 89
 IBM, París, 12, 49, 76, 79; Jornada de Información en la sede de, 114
 IBM, Tokio, 41
 Iges, José, 105
 Iglesias, José María, 188
 ILLIAC (computadora digital), 31
 Illner, 263
 Imperial College, Londres, 90
Impulse Computerkunst, exposición, 49
Impulsos: arte y ordenador, exposición, 34; actividades paralelas, 119; se describe y comenta, 118
Información Estética, grupo de trabajo, 31
 Institut Supérieur pour l'Étude du Langage Plastique, Bruselas, 51
 Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey, Estados Unidos, 18
 Institute of Modern Art, Chicago, Illinois, Estados Unidos, 51
 Instituto Alemán de Barcelona, 67
 Instituto Alemán de Madrid, 67, 118, 131, 184
 Instituto de Cálculo de la Universidad de Buenos Aires, 87
 Instituto de Informática, Madrid, 184
 Instituto de Matemáticas, Universidad de Stuttgart, Alemania, 36
 Instituto de Tecnología de California, Estados Unidos, 182
 Instituto Gallup, 247
 Instituto Politécnico Superior, Madrid, 90
 Instituto Politécnico, Málaga, 1
Interaction, Machine, Man, Society, exposición, 50
International Conference on Computing in the Humanities, Buenos Aires, 50
International Conference on Systems, Networks and Computers, Oaxtepec, México, 50
International Festival voor Elektronische Muziek, Video en Computer Art, Bruselas, 51
 Isaacson, Leonard M., 31
- Jakobson, Roman, 62
 Jenkins, Larry, 118

- Jiménez, Joaquín, 165
- Juana Mordó, galería de arte, Madrid, 107
- Julesz, Bela, 36; experimentos con la textura y la percepción visual, 40
- Julián, Inmaculada, 109, 176, 199
- Kakizaki, Junichiro, 41
- Kandinsky, Vasili, 107
- Klee, Paul, 37
- Klein, M., 31
- Knowlton, Kenneth C., 44, 61, 118
- Knuth, Donald D., 182
- Koerbe, 263
- Komura, Masao, 41, 43
- Konkrete Kunst: 50 Jahre Entwicklung*, exposición, 58
- Kreis, Peter, 118
- Kubrick, Stanley, 209
- Kunst und Computer*, exposición, 49
- Kunsthal, Rotterdam, Países Bajos, 163
- L'art et l'ordinateur*, exposición, 51
- L'ordinateur et les arts visuels*, exposición, 51
- Laboratorio de Cálculo Electrónico, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad Politécnica, Madrid, 180, 183
- Lacey, Bruce, 109
- Land, Dick, 118
- Langer, S. K., 98, 265
- Laposky, Ben F., 30, 118
- Lattice, lenguaje de programación, 47
- Lawrence Hall of Science, Berkeley, California, Estados Unidos, 51
- Leavitt, Ruth, 41
- Lecci, Auro, 47, 115, 211, 263
- Legrice, Malcolm, 119
- Leibniz, Gottfried Wilhelm, 22, 92, 119; el *Calculus Ratiocinator* y, 16; el sistema de numeración binario y, 15; la *Characteristica Universalis* y, 16; su interés por los autómatas y los mensajes, 16; su significación en la prehistoria de la cibernética, 16; Wiener y, 16
- Lencina Fernández, María Soledad, 180
- Lieske, Bärbel, 263
- Lippold, Richard, 38
- Lipps, Theodor, 62
- Lissajous, Jules, 29
- Lorente, Andrés Cristóbal, 184
- Lorenzo, Miguel, 96
- Löw, rabino de Praga, 12
- Lugán, Luis, 7, 96, 107, 109, 115, 116, 117, 176, 188, 211, 214, 253
- Luján, Elena, 1
- Maderuelo, Javier, 105
- Maillard, Chantal, 148, 149
- Maja desnuda*, por Francisco de Goya y Lucientes, 179, 257
- Malevich, Kasimir, 83, 107
- Mallory, Robert, 45, 46, 158
- Malle Dina, 96
- Maltese, Corrado, 81. Véase estética cibernética
- MANIAC (Mathematical Analyser Numerical Integrator and Computer), 19
- Mantegna, Andrea, 236
- Máquina de pintura automática nº 1*, por el Computer Technique Group, 41
- máquinas de Turing. Véase Turing
- Marchán Fiz, Simón, 1, 56, 58, 63, 64, 119; detecta contradicciones entre los artistas cibernéticos, 75; sobre la reducción comunicativa de los productos estéticos tecnológicos, 82, 83; sobre las dimensiones de la obra artística desde el punto de vista de la estética semiótica, 66
- Martín Montalvo, Álvaro, 1
- Martín, Abel, 8, 96, 107, 109, 117, 199, 210, 211, 213, 214, 254
- Martínez Carrillo, Juan Antonio, 90
- Martínez Villaseñor, F., 96, 105
- Marx, Carlos, 111
- Masides, Modesto, 178
- Mason, Maughan S., 30, 36, 118, 262
- Masriera, Miguel, 76, 78, 113, 114
- Massachusetts Institute of Technology, Boston, Massachusetts, Estados Unidos, 13, 15, 18, 22
- Matrix Multiplications*, por Frieder Nake, 42
- Mauchly, John W., 18, 19
- McCulloch, Warren Sturgis, 21
- Mead, Margaret, 22
- mensaje. Véase Leibniz, Moles, Shannon, Wiener
- Mestres Quadreny, Josep Maria, 96, 119
- Mezei, Leslie, 40, 52, 115, 118, 211
- Milojevic, Petar, 47, 115, 211
- Mindextenders*, exposición, 49
- Mingorance, 129
- Ministerio de Cultura, Madrid, 1
- Minsky, M., 258
- Miró, Joan, 87, 251
- Mitchell, R. K., 30
- Möbius, Augustus Ferdinand, 200
- Moholy-Nagy, Laszlo, 175
- Mohr, Manfred, 118, 263, 265
- Molero, Herminio, 8, 96, 101, 103

- Moles, Abraham, 14, 40, 50, 62, 82, 109, 111, 211. Véase estética cibernética; concede importancia al programa estético, 9, 76; defensor de la máquina, 65; describe la tarjeta perforada, 46; diferencia entre información estética e información semántica, 76, 77; *Heurística de la imagen cinematográfica*, 113; ideas sobre el arte, 65, 76; la noción de, 17, 71, 72; *Teoría de la información y percepción estética*, 64
- Molina Ávila, María Teresa, 90
- Molnar, Vera, 50
- Mondrian, Piet, 38, 39, 59, 83, 107, 108, 113, 210, 224, 237, 248, 258, 266. Véase Asins, Sempere
- Monreal Luque, Alberto, 90
- Montero, 175
- Montero Delgado, Julio, 90, 96
- Montserrat, Rafael de, 1
- Moore School of Electrical Engineering, Universidad de Pensilvania, Estados Unidos, 18
- Morales Navas, María Victoria, 1, 147
- Morgenstern, Oskar, 19, 22. Véase von Neumann
- Morris, Charles. Véase estética semiótica; *Aesthetics and the Theory of Signs*, 64
- Moscato Segovia, Enrique Héctor, 91
- Mott-Smith, John C., 118
- múltiple. Véase Moles
- Muñoz Ibáñez, Manuel, 126, 162
- Museo Brooklyn, Nueva York, 49, 202
- Museo de Arte Moderno de Zagreb, Croacia, 49
- Museo del Prado, Madrid, 236
- Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía, Madrid, 1
- Museum of Art, Huntsville, Alabama, Estados Unidos, 51
- Museum of Contemporary Crafts, Londres, 49
- Museum of Contemporary Crafts, Nueva York, 49
- Nake, Frieder, 33, 34, 35, 36, 40, 42, 58, 59, 61, 115, 118, 157, 211, 263. Véase estética cibernética; concede primacía al proceso de elaboración del programa, 75; emplea generadores de casualidad, 72
- Nash, Katherine, 118
- Navarrete, Gonzalo, 1
- Navarro Baldeweg, Juan, 188
- Navascués, J. M., 96
- Nees, Georg, 33, 36, 58, 59, 115, 118, 119, 120, 157, 211. Véase estética cibernética; García Camarero sobre la obra de, 35; *Generative Computergrafik*, 34, 76; información estética e información semántica según, 76; preponderancia del programa estético según, 56, 76; usa generadores de casualidad, 72
- Newton, Isaac, 12, 25; Wiener y, 24
- Niedlichs, galería de arte, Stuttgart, Alemania, 33
- Niwa, Fujio, 41, 43
- Noll, A. Michael, 33, 36, 37, 39, 40, 52, 56, 59, 115, 118, 211, 266; orden y aleatoriedad según, 38; sobre el potencial artístico de la computadora, 56
- Nouvelle tendance*, 109
- Nueva Generación*, exposición, 93
- Ocho esquinas*, por Georg Nees, 35
- Odhner, 92
- Oficina del Censo, Washington D. C., Estados Unidos, 19
- Ohtake, Makoto, 41
- Old Dominion University, Norfolk, Virginia, Estados Unidos, 51
- Olivares, Sebastián, 196. Véase Delgado
- Olmo, Santiago B., 187
- Olympiad*, por Lillian Schwartz, 119
- On the Path to Computer Art*, exposición, 49
- op-art*, 38, 199; gráfica cibernética y, 59
- ordenador: digital y analógico, 31; universalidad del término, 12
- Ordinateur et Création Artistique*, exposición, 50
- Orfeo y Apolo*, por Richard Lippold, 38
- ornamentógrafo electrónico. Véase Radovic
- osciloscopio, 31; se describe y compara con el *plotter*, 30
- Pablo, Luis de, 174
- Pablo, M., 96
- Paik, Nam June, 109
- Palacio Nacional de Congresos y Exposiciones, Madrid, 50, 117
- Palyka, Duane M., 118
- Pascal, Blaise, 92; su interés por los autómatas, 16
- Passow, Cord, 31, 53, 118
- PDP-12 (computadora), 50
- Peirce, Charles Sanders, 64. Véase estética semiótica
- Penrose, R., 163
- Peña, J., 96
- Pérez Gallego, 116
- Permutations*, por John Whitney, 119

- Perret, Jacques, 12
 Peterson, H. Philip, 118
 Picasso, Pablo, 108
 Pitts, Walter, 21
Pixillation, por Lillian Schwartz, 119
 Platón, 14
plotter, 159; condiciona la morfología de los primeros gráficos de ordenador, 58; elemento relevante en el paso del *computer graphic* al *computer art* según García Camarero, 57; se describe y compara con el osciloscopio, 31
plotter Calcomp 563, 47
plotter Calcomp 565, 41
 Plutarco, 165
Poemfield, por Stan Vanderbeek, 119
 Pollock, Jackson, 248
 Power, Kevin, 186, 196
 Prada Poole, José Miguel de la, 96, 110, 113, 115, 116, 188, 222, 254; contra el trabajo reiterativo y mecánico del artista, 75; proyecta una, 67
 Presper Eckert, John, 18, 19
 programa estocástico. Véase *estética cibernética*
Push Button Bertha, por M. Klein y D. Bolitho, 31
 PX, proyecto. Véase *ENIAC*
- Quejido, Manuel, 7, 96, 101, 103, 107, 109, 115, 116, 117, 132, 133, 169, 205, 211, 213, 214, 219, 251, 254; transformaciones de formas geométricas en un espacio plano, 190, 191, 192, 193, 194
 Queralt, Rosa, 186
- Radovic, Zoran, 47, 115, 211; el ornamentógrafo electrónico y, 47
 Ramírez, R., 188
 Ramos Salavert, Isidro, 90, 96, 113, 168, 188, 235
 Rand Corporation, Santa Mónica, California, Estados Unidos, 30, 46
Random writing, por Georg Nees, 35
 Rashevsky, 21
 Raymond, Richard C., 118
 Read, Herbert, 265
 Rebajes, Frank, 200
Recherche d'art visuel, grupo de trabajo, 109
 Reichardt, Jasia, 32, 35, 36, 44, 265
 Rejón de Silva, 256
Rendición de Breda, La, por Diego de Silva Velázquez, 184, 256
- Retorno al cuadrado*, por el Computer Technique Group, 43
 Rey Pastor, Julio, 87
 Rica, Luis de la, 96
 Riley, Bridget, 57, 59
 Robles Lechón, Marisol, 91
 Rodríguez López-Cañizares, Francisco Javier, 90, 113
 Rodríguez, C., 96
 Rodríguez, Mauro, 116
 Romero, J., 96
 Rosenblueth, Arturo, 14, 22
 ruido. Véase *entropía*, Moles, Wiener
 Ruiz, J., 96
Running Cola is Africa, por el Computer Technique Group, 42
 Russell, Bertrand, 20
- Sacon, Len, 118
 Sáez Angulo, Julia, 1
 Salamanca, Enrique, 8, 96, 105, 117, 128, 213, 214; la *cinta de Möbius* y, 199
 Salt Lake Center, Salt Lake City, Utah, Estados Unidos, 36
 Sambricio, Carlos, 96
 Sánchez Belda, Luis, 90
 Sánchez de Zavala, V., 221; promotor del seminario de Composición de Espacios Arquitectónicos del CCUM, 93
 Sánchez García, M., 113, 196
 Sánchez Marcos, Martín, 90, 173, 219
 Sánchez Ron, José Manuel, 31
 Sánchez-Laulhé Alcolado, María Luisa, 180
 Sanford Museum, Cherokee, Iowa, Estados Unidos, 28, 31
 Sanz, Eduardo, 8, 96, 107, 109, 211, 254
 Sarabia, Santiago, 89
 Sarquis, J., 96
 Saunders, Roger P., 47, 115, 211
 Schaff, A., 98
 Schaffer, James, 45
 Schröder, Käthe, 49
 Schroeder, Manfred R., 118
 Schwartz, Lillian, 119
 Searle, Guillermo, 96, 105, 106, 113, 124, 168, 179, 214, 257, 263, 265. Véase *Gómez de Liaño*
 Segovia Torres, 114
 Seguí de la Riva, F. Javier, 52, 54, 56, 58, 67, 79, 96, 104, 105, 106, 107, 109, 110, 113, 117, 119, 122, 126, 169, 197, 203, 211, 213, 221, 222, 251, 254; critica la infrautilización del ordenador, 81; promotor del seminario de Lingüística Matemática del CCUM, 93

- Sellem*, por Victor Vasarely, 107
- Seminario de Arte e Informática, Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid, 105
- Seminario de Generación Automática de Formas Plásticas, 1, 5, 6, 8, 48, 66, 67, 73, 74, 131; aprendizaje de lenguaje de programación por los artistas participantes en el, 99; críticas externas dirigidas contra el, 129; críticas internas de los artistas participantes en el, 126, 128; decadencia y extinción del, 102, 103, 104, 105, 117; dificultades operativas del, 99; justificación de su creación según García Camarero, 92, 94; método de las sesiones de trabajo, 97; miembros del, 96; primer grupo multidisciplinar, 202; su jerarquización según García Asensio, 97
- Sempere, Eusebio, 7, 60, 95, 96, 101, 103, 105, 107, 109, 110, 115, 116, 117, 124, 126, 131, 133, 199, 210, 211, 213, 214, 222, 253, 264; Abel Martín y, 175; Arrechea y, 175, 176; Briones y, 176; explica su *Autorretrato*, 176; manifiesta escepticismo ante la relación arte-ciencia, 80, 127; su admiración por Mondrian y Vasarely, 108; su relación con la música de vanguardia, 174
- SESA (Software et Engineering des Systèmes d'Informatique et d'Automatique), 50
- Seurat, Georges, 238
- Sevilla, Soledad, 1, 7, 96, 105, 107, 109, 115, 116, 117, 189, 211, 213, 214, 254; Briones y, 188; deuda intelectual contraída con el SGAFP, 186; razón *versus* intuición, 187; resume su trabajo en el CCUM, 188; trabaja con módulos, 186, 188
- Shaffer, James, 118
- Shannon, Claude, 63, 64, 111; *fórmula fundamental de*, 18; la teoría de la, 17, 68; *The mathematical Theory of Communication* (en colaboración con W. Weaver), 17
- Sheffileld, 263
- Shot Kennedy No. 1*, por el Computer Technique Group, 43
- Siemens 2002 (computadora), 70
- Siemens AG, grupo industrial, 118
- Sift, lenguaje de programación, 47
- signo. Véase Morris, Peirce
- Slant, lenguaje de programación, 47
- Sociedad para Instrucción de Programas, Berlín, Alemania, 31
- Some more Beginnings*, exposición, 49
- Soria, Josep M., 188
- Sparta, lenguaje de programación, 41
- Spinoza, Baruch, 181
- Splatter Pattern*, por los Laboratorios de Investigación Balística de Aberdeen, Maryland, Estados Unidos, 33
- Staatsgalerie, Stuttgart, Alemania, 50
- Strand, Kerry, 118
- Struycken, Peter, 263
- Studies in Perception*, por Kenneth C. Knowlton y Leon D. Harmon, 44
- Studio Gallery, Stuttgart, Alemania, 33
- Suite Illiac para cuarteto de cuerdas*, por Lejaren A. Hiller y Leonard M. Isaacson, 31
- Sutcliffe, Alan, 116, 118, 119, 211
- Tama Fine Arts College, Tokio, 41
- Tan, A. K., 47
- tarjeta perforada, 46. Véase Moles
- Technische Hochschule (ahora Universidad), Stuttgart, Alemania, 33, 35, 36
- Teixidor, Jordi, 133
- Tendencija 4*, exposición, 49
- The computer assisted art*, exposición, 50, 186, 188, 196; se describe y comenta, 117
- Thompson, Michael, 145, 146
- Torre, Alfonso de la, 174
- Torres Quevedo, Leonardo, 18
- Tovar, Ignacio, 195
- Trajectories of a Ricocheting Projectile*, por los Laboratorios de Investigación Balística de Aberdeen, Maryland, Estados Unidos, 33
- Tsuchiya, Haruki, 41
- Turing, Alan Mathison, 19
- Úbeda Carnicero, Elías José, 180
- Ufos*, por Lillian Schwartz, 119
- UNIVAC (Universal Automatic Computer), 19
- Univac Computer Graphics Group, 118
- Universidad Complutense, Madrid, 85
- Universidad de Columbia, Nueva York, 200
- Universidad de Copenhague, Dinamarca, 90
- Universidad de Harvard, Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos, 18
- Universidad de Illinois, Estados Unidos, 31
- Universidad de Málaga, 1, 148
- Universidad de Nuevo México, Estados Unidos, 47
- Universidad de Nuremberg, Alemania, 90
- Universidad de París, 12
- Universidad de Pensilvania, Estados Unidos, 18
- Universidad de Pisa, Italia, 90
- Universidad de Stuttgart, Alemania, 34, 63, 66, 200
- Universidad de Vincennes, París, 48

- Universidad de Waterloo, Canadá, 51
 Universidad de Zaragoza, 89
 Universidad Laboral de Zagreb, Croacia, 50, 121
 Universidad Stanford, California, Estados Unidos, 182
 Uribe Valdivielso, Enrique, 96, 119
 Usin Gayo, Rafael, 180
- Valabregue, H., 114
 Valle Roncero, María Dolores del, 91
 Valle Roncero, María Isabel del, 91
 Valle-Inclán, Miguel del, 1
 Valverde Alarcón, Miguel Ángel, 180
 Vanderbeek, Stan, 119
 Vasarely, Victor, 8, 107, 112, 210
Veintitrés esquinas, por Georg Nees, 35
 Velázquez, Diego de Silva, 184
 Venturi, Robert, 195
 Villaespesa, Mar, 186
 Villanueva Pareja, José, 1
 Vinci, Leonardo da, 184, 238, 255, 256, 257, 258
 Visus Escobar, Lorenzo, 180
 von Neumann, John, 18, 22; *Discusión preliminar del diseño lógico de un instrumento electrónico de Cálculo* (en colaboración con Goldstine), 19; el, 19; establece relación entre el cerebro humano y la computadora, 20; *First Draft of a Report on EDVAC*, 19; *La teoría de los juegos y el comportamiento económico* (en colaboración con Oskar Morgenstern), 19, 25; Moles y, 19; Wiener y, 19
- Walther, E., 63
 Wartegg, 266
 Weaver, W., 64, 111. Véase Shannon
 Werkgroep voor Computers, grupo de trabajo, 49
 Whitney, John, 119
 Wiener, Norbert, 8, 12, 15, 64, 111, 126; analogía entre los órganos sensoriales del hombre y la computadora, 21; *Cibernética o el control y comunicación en el animal y la máquina*, 13; cibernética y moral según, 25, 26; *Cibernética y sociedad*, 8, 13, 24; datos biográficos, 12; diferencia esencial entre el ser humano y la máquina electrónica, 21; el concepto de, 16, 21; el perfeccionamiento de la artillería antiaérea y, 16; la fascinación por los autómatas y, 11; la idea de, 17, 68, 82; la noción de, 72; la relación entre la cibernética y las ciencias sociales según, 22; las máquinas aprenden y se reproducen, 21; las máquinas de traducir y, 22; pone de relieve el paralelismo entre el cerebro humano y la computadora, 19; relación entre la memoria humana y la memoria artificial de la máquina, 20
- Williams, Richard H., 47, 118
 Wing Lee, Vuk, 15
 Wittgenstein, Ludwig, 149, 181
 Worcester Art Museum, Worcester, Massachusetts, Estados Unidos, 51
World Exhibition of Computer Graphics, exposición, 36
- Yamanaka, Kunio, 41, 43
 Yñiguez, José Antonio, 195
 Young, Thomas, 169
Your Lips, por Malcolm Legrice, 119
 Yturralde, José María, 1, 7, 60, 78, 95, 96, 101, 102, 103, 105, 107, 109, 110, 113, 115, 117, 119, 120, 126, 131, 205, 207, 211, 214, 222, 224, 254, 264; el factor metodológico, 163; *Estructuras seriadas*, 162; la máquina como herramienta, 126; las, 163, 164, 165, 166, 167; observación de García Camarero sobre las, 168; su concepción de la forma artística, 162
- Zeltmann, Claude, 17
 Zuse, Konrad, 18, 119

Índice de ilustraciones

Fig. 2.1. <i>Norbert Wiener</i> , por Philip Peterson.....	12
Fig. 3.1. Kurd Alsleben y Cord Passow. <i>Computergrafik 4</i> (1960).	32
Fig. 3.2. Dibujo computerizado, por William A. Fetter (1960)..	33
Fig. 3.3. <i>Vidrieras</i> , de autor anónimo (1963).....	34
Fig. 3.4. <i>Gravel Stones</i> , de Georg Nees.....	35
Fig. 3.5. <i>Klee</i> , por Frieder Nake.....	37
Fig. 3.6. Michael Noll. <i>Escultura cinética</i>	38
Fig. 3.7. <i>Composiciones con líneas por ordenador</i> , de A. Michael Noll, y <i>Composiciones con líneas</i> , de Piet Mondrian..	39
Fig. 3.8. <i>Beaver scaled</i> , de Leslie Mezei.	42
Fig. 3.9. <i>Running Cola is Africa</i> , del CTG..	43
Fig. 3.10. <i>Hummingbird</i> , por Charles Csuri y James Shaffer (1968).	45
Fig. 3.11. <i>Solar</i> , de Robert Mallary.	47
Fig. 3.12. Robert Mallary. <i>TRAN 2</i>	48
Fig. 3.13. <i>Estructura poligonal</i> , por Manfred Mohr.	55
Fig. 3.14. <i>Forma ondulada</i> , por A. Michael Noll.	57
Fig. 3.15. <i>Transformación</i> , por Charles Csuri y J. Shaffer (1966-67).	58
Fig. 3.16. <i>Optical Effect of Inequality</i> , por M. Komura.	59
Fig. 3.17. Dibujo de William A. Fetter (1960).	61
Fig. 3.18. Una obra de A. Michael Noll.....	65
Fig. 3.19. <i>Pseudoestructura</i> , por Manfred Mohr..	71
Fig. 3.20. <i>Solar</i> , de Robert Mallary.	73

Fig. 3.21. <i>Computer graphic</i> , por Zdenek Sýkora.	83
Fig. 4.1. Vista parcial del CCUM.	87
Fig. 4.2. Vista general del CCUM.	88
Fig. 4.3. Interior del CCUM.	89
Fig. 4.4. Florentino Briones.	90
Fig. 4.5. Reunión del seminario de GAFP.	97
Fig. 4.6. Reunión del seminario de GAFP.	98
Fig. 4.7. Reunión del seminario de GAFP.	99
Fig. 4.8. Actos de clausura del curso 68-69 en el CCUM.	111
Fig. 4.9. Barbadillo. Gráfico de ordenador (1968-69).	113
Fig. 4.10. Ejemplo de módulo.	122
Fig. 4.11. Ejemplo de micromódulo.	122
Fig. 4.12. Ejemplo de micromódulo.	123
Fig. 4.13. Terminal óptico (de un programa de dibujo de F. Briones).	123
Fig. 4.14. Direcciones y su orden (de un programa de dibujo de F. Briones).	124
Fig. 4.15. Dibujo y su matriz numérica (de un programa de dibujo de F. Briones).	125
Fig. 4.16. Ejemplo de figura imposible de José María Yturralde.	127
Fig. 4.17. Obra de Ana Buenaventura y F. Javier Seguí de la Riva (1971).	129
Fig. 5.1. Manuel Barbadillo. Cartulina (1963).	137
Fig. 5.2. Manuel Barbadillo. Cartulina (1964).	137
Fig. 5.3. Manuel Barbadillo. Conjunto monoforme (1964).	138
Fig. 5.4. Manuel Barbadillo. <i>Sin título</i> (1964).	138
Fig. 5.5. Manuel Barbadillo. Módulos usados entre 1964 y 1979.	139
Fig. 5.6. Manuel Barbadillo. Módulo binario y macromódulos.	140
Fig. 5.7. Manuel Barbadillo. Módulo y elementos del módulo.	141
Fig. 5.8. Manuel Barbadillo. Crecimiento por fusión.	142
Fig. 5.9. Manuel Barbadillo. <i>Sin título</i> (1966).	143
Fig. 5.10. Manuel Barbadillo. Obra del periodo 1968-1979.	144
Fig. 5.11. Manuel Barbadillo. Otro arreglo del cuadro de la Fig. 5.9.	144
Fig. 5.12. Manuel Barbadillo. Funcionamiento de los elementos de los módulos.	145
Fig. 5.13. José Luis Alexanco. Interpolación entre dos curvas de nivel tomadas como base.	154
Fig. 5.14. José Luis Alexanco. Ajuste de 5° grado de una misma serie de curvas de nivel.	155
Fig. 5.15. José Luis Alexanco. Escultura realizada con el programa <i>Mouvnt</i> (1969).	158
Fig. 5.16. José Luis Alexanco. <i>Movimiento transformable</i> , V (1967).	159
Fig. 5.17. José Luis Alexanco. <i>Proyecto M.T., V</i> (1968).	160
Fig. 5.18. José Luis Alexanco. <i>Génesis de Mouvnt</i> , IV (1969).	160
Fig. 5.19. José Luis Alexanco. <i>Mouvnt</i> (1972).	162
Fig. 5.20. José María Yturralde. Figura imposible.	164
Fig. 5.21. José María Yturralde. Obra expuesta en 1971.	165
Fig. 5.22. Yturralde. Elementos variables e invariables de una figura imposible.	167
Fig. 5.23. Yturralde. Perspectiva caballera del «vértice» de una figura imposible.	168
Fig. 5.24. Yturralde. Intersección de dos barras en un vértice de una figura imposible.	168
Fig. 5.25. Yturralde. Orden rotativo de los vértices en el dibujo de una figura imposible.	169
Fig. 5.26. José Luis Gómez Perales. Rectángulos a partir de los números básicos.	173
Fig. 5.27. José Luis Gómez Perales. Composición formal del cuadro.	173
Fig. 5.28. José Luis Gómez Perales. Sistematización de la composición.	174
Fig. 5.29. José Luis Gómez Perales. Sistematización del color.	174
Fig. 5.30. José Luis Gómez Perales. <i>Construcción modulada</i>	174
Fig. 5.31. Eusebio Sempere. <i>Autorretrato</i> (1970).	178
Fig. 5.32. Ignacio Gómez de Liaño y G. Searle. Red hilemática del <i>Apostolado</i> de El Greco.	186
Fig. 5.33. Soledad Sevilla. <i>Módulo</i> (1971).	187
Fig. 5.34. Obra modular de Soledad Sevilla.	188
Fig. 5.35. Manuel Quejido. Cuadrícula.	190
Fig. 5.36. Manuel Quejido. <i>Momentos sucesivos de dos formas sobre dos ejes</i>	192

Fig. 5.37. Manuel Quejido. <i>Momentos sucesivos de dos formas sobre dos ejes</i>	192
Fig. 5.38. Manuel Quejido. Obra expuesta en <i>The computer assisted art</i> (1971).....	194
Fig. 5.39. Manuel Quejido. Fragmento de una obra de 1970.....	195
Fig. 5.40. Gerardo Delgado. Figura obtenida con ordenador (1970-71).....	196
Fig. 5.41. Abel Martín. <i>Composición</i>	198
Fig. 5.42. Enrique Salamanca. <i>Composición</i>	200

PROCEDENCIA DE LAS ILUSTRACIONES

2.1: J. Reichardt, *Cybernetic Serendipity. The computer and the arts*. Nueva York, Frederick A. Praeger, Inc., Publishers, 1969. 3.1 y 3.12: J. Reichardt, *The computer in art*. Londres, Studio Vista, 1971. 3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.14, 3.15, 3.17, 3.18, 4.9, 4.16 y 5.14: H. W. Franke, *Computer Graphics-Computer Art*. Berlín, Springer-Verlag, 1985. 3.13: H. W. Franke, *Computer Graphics-Computer Art*. Londres, Phaidon Press Limited, 1971. 3.11, 3.19, 3.20, 3.21 y 5.10: H. W. Franke, *Computer-Grafik Galerie: Bilder nach Programm. Kunst im elektronischen Zeitalter*. Colonia, DuMont Buchverlag, 1984. 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.17, 5.15, 5.21, 5.31, 5.33, 5.38, 5.40, 5.41 y 5.42: catálogo de la exposición *The computer assisted art*. 4.13, 4.14, 4.15, 5.26, 5.27, 5.28, 5.29, 5.32, 5.35, 5.36 y 5.37: Boletines del CCUM. 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.11 y 5.12: catálogo de la exposición *Manuel Barbadillo. Obra modular 1964-1994*. 5.13, 5.20, 5.22, 5.23, 5.24 y 5.25: *Ordenadores en el arte*. 5.16, 5.17, 5.18 y 5.19: catálogo de la exposición *Alexanco. Percursus*. 5.30 y 5.34: catálogo de la exposición *Procesos*. 5.39: *L'ordinateur et la créativité*.