UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO

FACULTAD DE BELLAS ARTES

"CONSTRUCCION ESTETICA DE LA REALIDAD"
EL PROBLEMA DE LA CONSTANCIA CROMATICA Y PERCEPCION DEL COLOR

JOSE CHAVETE RODRIGUEZ

1989

TESIS DOCTORAL

"CONSTRUCCION ESTETICA DE LA REALIDAD"

EL PROBLEMA DE LA CONSTANCIA CROMATICA Y PERCEPCION DEL COLOR

JOSE CHAVETE RODRIGUEZ

DIRECTOR:

NICANOR URSUA LEZAUN

FACULTAD DE BELLAS ARTES

UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO

INDICE

INDICE.....1

INTRODUCCION.....6

PRIMERA PARTE SUCESOS FISICOS

1.1.- DEFINICION DEL S.F.V.I.....18

1.2.- GENERALIZACIONES SOBRE LA MATERIA.-Selección y anotación de variables y constantes mas comunes y generales.....26

1.2.1.-La materia.....27

-el agua, el aire y lo indefinido como forma originaria...27
-semillas y porciones como formas originarias.....30
-la concepción aristotélica.....32
-breve discusión sobre el concepto de materia en la antiguedad.....34
-la concepción actual.....36
-algunas consideraciones en torno al problema mente-materia.....38

1.2.2.- La transformación constante: Advenimiento de la emergencia.- Contextura del suceso perceptivo.....52

1.2.3.-Innovaciones biológicas: la emergencia.....59

-necesidad sin azar.....64
-azar sin necesidad.....65
-azar y necesidad.....67
-microevolución.....68
-macroevolución o tipogénesis.....71
-la evolución de los órganos sensoriales es inseparable de la evolución del sistema nervioso.....74

1.2.4.-PRIMER RESUMEN: Objetivaciones sobre la materia: enunciado de los niveles emergentes.....79

1.3.-INTERACCIONES DE LA MATERIA CON LA ENERGIA ELECTROMAGNETICA
-el cuerpo negro.....90

1.3.1.-Interacciónes a niveles atómicos.....85

-interacción con iones atómicos aislados.....96
-moléculas.....103
-presiones, rotaciones y vibraciones.....105
-electrones móviles en masas compactas.....107
-electrones atrapados en campos cristalinos: impurezas y huecos.....112
-huecos y centros de color.....118

-transferencia de carga.....120
-interacción con estructuras meleculares complejas.....121
1.3.2.-biofunciones.....127
-fotosintesis.....128
-fotorrecepción.....137

1.3.3.-Interacciones a niveles macroscópicos.....147
-materia extensa.....147
-sucesos opticos.....154

1.3.4.-ambiente electromagnêtico y paisaje atómico.....159
ambiente electromagnêtico.....159
ambiente atómico.....169

1.3.5.-¿constancia de qué?.....175
-retorno al orden.....176

SEGUNDA PARTE: SUCESOS NEURALES

2.1.- DEFINICION DE SNVI.....186

2.2.-VARIABLES NEURALES: ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO NEURAL HUMANO189

2.2.1.- Problemas conceptuales: Una segunda vuelta al problema mente-cerebro.....191

2.2.2.- niveles de integración de los sucesos neurales.....200

-nivel subcelular y celular.....201
-micro y macrosistemas neurales.....207

2.2.3.- el cortex 215

2.2.4.- variables neurales. La plasticidad. 222

2.2.5.- ¿estamos ahora en condiciones de redifinir el suceso neural?.....228

2.3.-CONCEPTO DE CAMPO RECEPTOR.....230

2.3.1.- ¿Podemos conjeturar el concepto de campo partiendo de la descripción anotómica del sistema visual?.....230

2.3.2.- ¿porqué conjeturamos una hipercomplejidad retiniana?...233

2.3.3.- funciones atribuibles de las células de la retina.....239

2.3.4.- ¿las respuestas a estimulaciones son buenos indicios de los límites del campo receptor?.....243

2.3.5.- ¿Que podemos aislar, a modo de resumen, de lo dicho sobre la retina?.....249

2.3.6.- el análisis continua. Paso por el cuerpo geniculado y proyección en el cortex.....253

2.3.7.- ¿Que podemos entender por campos corticales?.....259

2.3.8.- Nuevos datos para la definición de campo receptor. Alteraciones en las funciones corticales dentro de las áreas visuales. El corte del cuerpo calloso.....267

-una visión mas global del cortex.....283

2.3.9.- ¿Podemos dar ahora una definición de campo receptor?...294

TERCERA PARTE: SUCESOS PERCEPTIVOS

3.0.1.-¿La naturaleza imita al arte?- El problema mente-materia (III parte).....300

3.0.2.-Estabilidad y constancia de la imagen estética. Distinción entre los conceptos de "estable" y "constante"..314

3.1.-SENSACION DE ESTABILIDAD Y COHERENCIA DE LA IMAGEN ESTETICA...317

3.1.1.- propiocepción.....322

3.1.2.- aparato vestibular.....324

3.1.3.- disparidad sensorial y acomodación.....329

3.1.4.- dinamica ocular.....336

3.1.5.- extracción de variables en la percepción de la estabilidad.....345

3.1.6.- las constancias.....355

-la constancia del tamaño.....355
-la constancia de la forma.....358
-la constancia del color.....359
-apostillas antes de entrar en tema.....360

3.2.-LA CONSTANCIA DEL COLOR.....362

3.2.1.- Antecedentes experimentales en los que se funda el concepto de constancia de la blancura.....362

-metodología mas frecuente.....365

-relaciones de la blancura con el contraste. ¿Que es el contraste?.....367

-¿es explicable la constancia de la blancura por la teoría del contraste -Experimentos de Kardos, MacLeod, Joanch y Müller (I) y (II), Gelb (II), Wallach (I) y (II), MacLeod (II), Heineman, Jameson y L. M. Hurvich (II), Hambacher.....369

-Factores de inconstancia y constancia.- Experimentos de Gelb, Koffka (I) y (II), Hering, Kardos, Hsia, Burlaff, Katz (II). 392

3.2.2.- Antecedentes experimentales en los que se funda el concepto de constancia del matiz.....408

-Experimento de Koffka (I).....408
-Experimento-razonamiento de Koffka (II).....410
-Experimento de Koffka (III).....411
-Experimento de Fuchs.....412
-Experimento de Grace Helder.....415
-Experimento de Wallach y Galloway.....416
-Experimento de Cramer.....418

3.2.3.- Resumen y conclusiones sobre la coherencia de la imagen y la constancia del color: ¿podemos saber a que correlatos físicos corresponden las constancias de la brillantez y del matiz?.....420

3.2.4.- ¿que quiere decir que la constancia del color pasa por el "como" se percibe?.....427

3.3.-NUEVAS APORTACIONES SOBRE LA PERCEPCION DEL COLOR.....432

3.3.1.- Estado actual sobre la percepción del color.....432

-multidisciplinaridad del color: ¿quien puede respondernos sobre el "que" y el "como" se percibe?.....437

3.3.2.-Teoría retinex de la visión del color.....446

-experimentos preparatorios de MacCann y Benton.....447
-experimento de Land sobre los Mondrian.....451
-complementos para el experimento del Mondrian.....454
-correlatos físicos de la sensación de color.....458
-medición ocular de las reflectancias.....461
-resumen.....464

3.3.3.- Teoria computacional.....467

-presupuestos filosoficos.....467
-tratamiento de la percepción del color.-Inferencia de la forma a partir de las reflectancias.....474
-los planteamientos de Marr: esbozos de la imagen....478
-un ejemplo: la estereoscopia.....490
-¿Tiene fundamento la implementación matemática en el Hadward neural? -critica a la implementación de una teoria de calculo.....494

3.3.4.- Relación entre luminosidad y percepción espacial de una superficie.....504

-distinción entre bordes de reflectancia y bordes de iluminación.....510
-historia acumulativa de las regiones retinianas. Función de bordes. 517
-modelo de Control Automatico de Ganancia.....528
-¿se puede inferir la forma a partir del color?.....532

4.1.- RESUMEN Y CONCLUSIONES:.....549

4.2.- COMPARACION DE LAS VARIABLES OBTENIDAS PARA EL S.F.V.I, EL S.N.V.I. Y SUS CONSTATACIONES PERCEPTIVAS.....571

INTRODUCCION

Sucede con frecuencia que las intenciones primeras por las cuales se comienza una tesis, van cambiando por el propio proceso de adquisición de nuevos conocimientos, así como del ejercicio o adiestramiento en la argumentación de hipótesis y conjeturas.

Pero muchas disciplinas con una historia y una tradición superior a las de las facultades de Bellas Artes llevan implícito el propio método científico en las enseñanzas, en el contenido de los propios planes de estudio. Una tesis, en estos casos, o es una consecuencia lógica y directa de las enseñanzas adquiridas ... o es el resultado y evolución de su puesta en práctica. En Bellas Artes nada de esto es posible, salvo raras excepciones. La poética, el arte, su imprecisión con respecto a la realidad a la que se refiere, sus propios métodos a-históricos, o lo que es lo mismo, el hecho de que su existencia no esté fundada (aunque sí condicionada) en la acumulación o en la mejora de ideas o hechos artísticos del pasado... hace impensable e imposible el rigor científico o la "justificación" argumentada que infiera algún carácter de verdad o al menos de coherencia a las hipótesis enunciadas. La "tesis idónea de Bellas Artes" en unas Facultades como las existentes no es posible.

Es éste el convencimiento de la mayor parte de la gente, que como yo, hemos intentado comenzar nuestras investigaciones en el medio

artistico. Tras unos primeros pasos fructíferos no se tarda mucho en chocar con la metodología que dé forma o apariencia de tesis a los trabajos realizados. El primer problema que se evidencia es el hecho de que las investigaciones de esta manera argumentada adquieren el carácter del argumento, no del objeto a investigar (como es obvio). O sea, que realizada la investigación artística o estética cuyo resultado es el OBJETO artístico, pasa automáticamente a ser objeto de estudio, con lo cual caemos inevitablemente en la "historia, semiología, sociología, psicología... del arte o del objeto artístico".

Asumido este problema y viendo los mediocres resultados que se producen cuando de manera arbitraria se introducen conceptos científicos allí donde no son necesarios (hinchar de pretenciosidad lo que es mera cotidianidad) he creído conveniente apuntar en otra dirección. Y ya que he mencionado el término "pretensión", ésta nueva dirección tiene algo que ver con una de las mas clásicas pretensiones del arte: su continuada referencia a la "realidad". No hay artista , corriente, moda, tendencia, o movimiento artístico que se precie, que no se refiera su postura a una "manipulación de lo real", a un "dominio del espacio real", a un "uso o usufructo de la realidad", a una "subversión de lo real"... etc, etc. Es intención de algunos y muy buenos artistas actuales investigar con nuevos y variados materiales, trasformándolos, manipulándolos... jugando con la MATERIA, con las posibilidades de la dualidad materia-material... y esto no es mas que pretensión de acercarse más y mejor a la realidad, quizás a crear nuevas realidades.

Pero no es difícil adivinar que si es complejo trabajar con esta actitud dentro del Arte, lo es mucho mas hablar sobre ello. Hablar, y en este caso escribir, implica dar contenido linguistico a lo que es pura sensación, premonición, usufructo estético ...., es imponerle una lógica a lo que probablemente no la tenga. Está claro que este primer problema (el del método) no se resuelve con buenas intenciones ni con una vaga legislación universitaria al respecto (a no ser con la abolición del término "tesis").

Un segundo problema no menos importante que el anterior, pero dentro de la misma familia causal, es el que denominaremos como el de la acotación: si en otras áreas del saber vemos como lógico que alguien estudie algo tan específico como "la resistencia del plástico "X" a los abrasivos del tipo "Y"" , esto nos provocaría risa en una Facultad de Bellas artes. Nuestro aprendizaje ha ido por otros derroteros, cuanto mas generales mejor. El artista solo se preocupa de cosas muy especificas cuando surgen problemas de tipo técnico, por ejemplo, a la hora de resolver una zona del cuadro o de la escultura que se resiste. La intención última pretende ser siempre lo universal. Lo especifico es mero medio, que cae fuera de esta disciplina. ¿Que se puede hacer en arte con ese nivel de especificidad en el que se aconseja trabajar para hacer posible un trabajo tipo tesis?. Es probable que todavía no exista una metodología que haga coherente esta postura, sin tener que recurrir al método "poético". Sería cuestión de comenzar a hacerlo. Sinceramente, no preveo buenos augurios para estas dificultades.

Un tercer problema, pero esta vez enraizado en el momento tan mediocre por el que pasa el arte, viene dado por lo que llamaremos "problema de la especificidad". La actitud, la instalación, el hábito y el método son posibilidades humanas que hacen posible la existencia de la ciencia (G. Bacca: 1967 p.109-131). Pero como bien sabemos, ninguna de ellas es patrimonio o exclusiva de una disciplina en particular. Garcia Bacca nos dice que la actitud es una posibilidad injertada en la potencia natural de conocer, la de atender. Distingue entre una actitud técnica y otra teórica... "El acto de esta posibilidad de desconectación del contexto real causal es la actitud teórica, ... Actitud técnica es la posibilidad inventada por el hombre de transformar, según un plan lo real tal cual es dado" *(G. Bacca: 1967 p.110). ¿No es esto la eterna pretensión del Arte?.*

La instalación (tanto física como conceptual, allí donde es "original" esa manera de ser), el hábito (reestructuración de los actos naturales), o el método (conducta ante los sucesos, metodología científica, otras metodologías), son términos que en nada estorban al arte, si bien podrían ayudarle. Quizás sea en el "método" donde existan mas dificultades tal y como hemos comentado mas arriba. De todas maneras queda evidenciada la competencia que las ciencias hacen al Arte en cuanto a la pretensión de "renovar", "subvertir", "crear", etc, la realidad.

No solo esto, ya que lo que en otros tiempos ha sido específico de la práctica artística ahora se ha deslindado de ella, constituyendo su propia área o disciplina. Poco campo le queda al arte para los menesteres enunciados; de seguir con esta pauta quedará relegado al mero decorado.

No está de mas, por lo tanto, que sigamos de cerca la evolución de la ciencia, tanto como si fuese la propia evolución artística y estética. Al menos desde este cariz de "renovación" que portan. Pero si miramos un poco la historia del Arte vemos que esto ha sido una práctica habitual. Sobre todo cuando las "ideas" venían impuestas desde otras áreas del conocimiento. Los críticos (con sus "criterios") siempre han encontrado la justificación y la argumentación fuera del arte. Por el contrario, para el artista, en su estudio, ante la tela virgen o la piedra en bruto nunca hubo nada que le sirviese (de fuera del arte) para innovar. Al científico, en su laboratorio, la ciencia solo le sirve de "transporte" que le abandona justo en el momento de las innovaciones. Vemos que existe algo mas en común que las meras intenciones.

De las teorías que mas han aportado al Arte en estas últimas décadas destaca la de la Gestalt. Es una teoría sicológica sobre la forma y la percepción de la realidad. Hay otras pero esta última tuvo una gran acogida ya desde un principio dado que sus contenidos sirven muy bien para hablar sobre composición, armonías, equilibrio... etc, dentro del cuadro o en las obras escultóricas. Quizás esto sea

lo que justifica su persistencia hasta nuestros días. De una forma o de otra tenemos que preguntarnos porqué tiene que interesarnos una teoría de la percepción. Subvertir, renovar o transformar lo real es sencillo si partimos de la idea de que la naturaleza, el mundo, lo real en suma, es tal cual lo vemos. Pero es probable que no lleguemos mas allá de las posturas clásicas recogidas al comienzo de este trabajo (punto 1.2.1.). Lo difícil es decir algo nuevo dentro del materialismo emergentista, dentro de una teoría de la evolución o dentro de la teoría computacional de la mente... por esto es importante tener o partir de una teoría de la percepción o sobre la realidad lo mas avanzada posible, para tener presentes cuando realizamos nuestras obras el tipo de realidad que manipulamos o a la que accedemos.

De esta manera, y en lo que concierne a mis propios intereses, dado que soy profesor de una asignatura que se denomina "COLOR", creo conveniente acceder a este tipo de conocimientos a través de un hecho muy simple: la disparidad entre las opiniónes que se tienen sobre el fenómeno cromático, tanto por los conjeturados por los físicos, como por los sicólogos, como por aquellos que asocian sentimientos o tendencias a los colores (el verde es esperanza), o el que tienen los artistas de alto nivel. En el preciso instante en que nos planteemos de una manera objetiva la mas mínima cuestión de éstas, nos introducimos inevitablemente en problemas epistemológicos. Cabe señalar la importancia que adquiere el concepto de invarianza o el de constancia cuando se habla de lo cambiante del hecho físico y de la "persistencia" del hecho perceptivo. Esto es solo el comienzo.

Aquí ya nos encontramos con los primeros problemas. La invarianza no es una "cosa" que pueda ser estudiada aisladamente, ya que para poder hablar de ella primero tenemos que saber algo sobre el objeto sobre el cual ocurren dichas constancias. Esto supone conocer bastante bien lo que ocurre en el mundo físico, así como se efectúan las percepciones.

Esta claro que el problema de la percepción o de la relación estética con la realidad no podemos reducirlo a hablar sobre "como" percibimos el color de la manzana "roja", o de que "allí" esta la manzana y "aquí" estoy yo como sujeto cognoscente. Todo es mucho mas complejo. Existe algo en la "rojez" de la manzana que nos pertenece, el ser coparticipes de su evolución biológica, del mantenimiento de esos genes que le dan color. Por contra, existe algo en ella que entra dentro de los factores que hacen posible nuestra evolución.

No cabe duda de que las percepciones mas finas, aquellas que descubren la bondad de un amigo, la actitud de engaño de un congénere o la lógica de una frase o construcción teórica, caen dentro del rango etológico, del rango que es común a nuestra especie. Hablar de fotones a este nivel parece absurdo, pero no debemos de olvidar que son a través de estos fotones con lo que accedemos a tal sofisticación neural. El contexto o "entorno selectivo" en el que ha sido posible tal evolución, tal como he dicho, nos pertenece. Está y debe de estar incluido en toda teoría de la percepción.

De momento, en lo que concierne al ambiente artístico, las respuestas han sido tomadas, tal como se ha dicho anteriormente, de la teoría de la Gestalt, pero tanto la estabilidad de la forma como la constancia cromática continúan siendo hoy en día uno de los problemas mas complejos de desentrañar.

Hagamos un poco de historia: Los primeros en tratar de resolver y basar todo su pensamiento en ello se debe a Max Wertheimer, Wolfrang Kohler y Kurt Koffka. Paralelamente y con anterioridad, científicos de la categoría de Jackson, Freud, Charcot, Paulov, Poppelreuter, Goldstein, Brocca, o mas recientemente, Ajuriaguerra, Maturana, Eccles, Sperry, Hubel, Wiessel, Luria, Zeki,...etc, han ido de alguna manera clarificando el funcionamiento del cerebro, así como éste esta compuesto de diferentes áreas con características especificas en su tratamiento sensorial. No debemos de olvidar tampoco la otra línea del conocimiento a la cual pertenecen Newton o Helmholtz, los cuales se plantearon estas cuestiones mucho antes que cualquiera.

A causa de estos avances la teoría de la Gestalt se ha quedado un tanto rezagada. Los nuevos descubrimientos plantearon problemas y cuestiones que la Gestalt no puede explicar y ésta es una de las causas por las cuales comenzó a aparecer gente como Gilchrist, Gibson, Wallace, Gogel, Tomaso Poggio, Marr, etc que han pasado a ocupar este vacío.

Sea como fuese, la Gestalt constituía una teoría psicológica de la Forma que hoy en día todavía no es posible de sustituir. Todos los científicos enumerados anteriormente trabajan en campos distintos y enriquecen por esta causa áreas de conocimiento que aparentemente no tienen nada en común. La percepción ha pasado a ser una "tierra de nadie" donde todas las disciplinas la tocan pero ninguna tiene su fundamente en ella.

El problema no es sencillo. Los de la Gestalt minimizaron este aspecto ya que el proceso neural es mas complejo de lo que les parecía. Otro aspecto que dificulta la construcción de una teoría de la percepción es que "el como" se procesa la información sensorial tiene profundas lagunas, aún cuando ciertas áreas cerebrales de proyección primaria (la visual, por ejemplo) se consiguiesen desentrañar. Otro punto es el desarrollo de la Física Optica y de la Psicofísica, las cuales siguen sus propios caminos, de la misma forma que o hacen la Psicología, la Biología, la Psiquiatría, la Sociología, etc y desde luego la Filosofía (en concreto la Epistemología). Todas ellas tienen algo que decir en cuanto hecho perceptivo según sus niveles y puntos de vista. Ultimamente, en esta década de los ochenta, se está dando un gran estirón gracias al interés que tienen las nuevas tecnologías en crear ordenadores con capacidades de reconocimiento objetual semejantes a las humanas. La teoría computacional de la percepción es pues otra de las fuentes que pueden enriquecer la comprensión del hecho visual, ya que es un intento de hacer funcionar lo que hasta el momento es simple teoría.

Lo que se desprende de todo esto es la sospecha de que tiene que resultar faraónico el intentar hacer confluir todos estos campos del conocimiento en una sola teoría de la Forma, de la visión, o de la percepción. Mi trabajo al respecto dista mucho de intentar crear dicha teoría, y me conformo con analizar desde todos estos puntos de vista un hecho tan concreto como el de la estabilidad del color o constancia cromática. De esta manera creo que el área de trabajo está suficientemente circunscrita y me da pié para poner el suficiente interés en contextualizar el problema, o sea, de crear un marco donde sea posible ver la constancia cromática desde el nivel que ocupa dentro del proceso de integración de los sucesos perceptivos.

Por ello no es de extrañar que la mayor parte del trabajo esté destinado a clarificar, argumentar y crear lo que hemos denominado como: construcción estética de la realidad, o lo que es lo mismo, enumerar los niveles de integración de dicha imagen.

Para este cometido he creído conveniente no partir de los preconceptos de una teoría en particular sino del seno de la ciencia en general, eso sí, con la actitud de ver lo que ocurre dentro de las diversas concepciones y escoger aquello que nos sirva para dar respuesta a las cuestiones siguientes:

1.-¿Que es un suceso físico?

2.-¿Que es un suceso neural?

3._¿Que se constata de los datos perceptivos? (¿que son nuestras peercepciones? ¿Son iguales la realidad? ¿que lugar ocupan las invarianzas... y dentro de estas, la del color?

Esta muy claro que lo primero que tenemos que adquirir para responder a la primera cuestión es un concepto claro de MATERIA. Luego ver a través de que accedemos a la realidad, o sea, que parte de materia sirve de "medio" a los sucesos perceptivos. Hablaremos, por lo tanto, del tipo de interacciones entre la materia y la energía electromagnética.

Para la segunda cuestión no nos queda mas remedio que estudiar todos los pasos y transformaciones que le acaecen a este "suceso físico" dentro de una cadena causal impuesta por el sistema nervioso central. Es evidente que tenemos que dejar claro el concepto de CAMPO RECEPTOR de la "materia" anteriormente definida.

El tercer grupo de preguntas serán contestadas simplemente por el hecho de contrastar los dos conceptos anteriores con los productos perceptivos de la visión (sobre todo del color) y de los experimentos recogidos en la bibliografía al respecto. Mas tarde será el momento de ver las perspectivas que nos ofrecen las teorías mas modernas sobre este problema.

Es evidente, dado el carácter interdisciplinar de este esquema, que encontremos serias dificultades en cuanto que estamos forzados a pasar de un tema a otro, de un área de conocimiento a otro, con lo

que ello implica: la utilización de terminologías y conceptos dispares, muy específicos y a veces de difícil comprensión. Se podría hacer mas sencillo pero caeríamos inevitablemente en la vulgarización de conceptos o de hacer arbitrarias traducciones o símiles. He respetado al máximo los significados dentro de cada área así como la utilización de un número discreto de términos. Al final he confeccionado un nutrido Glosario para mermar estas dificultades.

Otra cosa que puede parecer chocante en una facultad de Bellas Artes es la excesiva profundización en ciertos casos desde el punto de vista de otras ciencias (por ejemplo: la descripción del funcionamiento del fotorreceptor (química), la interacción electromagnética con la materia (física), etc) y en otros mas superficial. Yo creo que esto queda suficientemente justificado por lo explicado mas atrás. La necesidad de que ciertas cosas queden lo suficientemente claras es lo que motiva su exhaustividad. Lo que a su vez justifica que sean precisamente esos temas los lugares donde quiero poner el énfasis del trabajo.

Esto hace que el resultado sea poco agradecido y en ciertas partes bastante duro. Creo que por el respeto que se merece el tema no hay lugar para simplificaciones, si bien, dada su estructura, hay capítulos que el lector impaciente puede saltar y fijarse sólo en los comentarios parciales y en las conclusiones finales.

1.1.- Definición del S.F.V.I.

Como ya se ha dicho en la introducción, antes de poder hablar de la **estabilidad** o de la **permanencia** tanto de las formas como del color, es preciso definir o al menos acotar aquellos sucesos que en cierta medida están implicados en el proceso visual.

El gran problema con el que nos encontramos tiene múltiples vertientes. Por un lado hay la necesidad de tocar aspectos que son estudiados por casi todas las disciplinas, como por ejemplo la Física, la Química, la Geología, la Neurobiología, Psicología, etc, lo que conlleva ciertas dificultades evidentes. Por otro lado, ya de principio vamos a cometer un gran error con la esperanza de rectificarnos al final del trabajo. Dicho error estriba en que por motivos meramente tácticos, estratégicos o metodológicos vamos a partir de una definición que aunque aparentemente correcta por su generalización (ver def. 1-1) tiene, en cambio, una **componente humana**, que es la que hace que exista tal suceso físico visualmente implicado, y por lo tanto de dudosa fiabilidad objetiva. Por eso, y dado el dilema filosófico que plantea, tendremos que superar esto a base de ser conscientes de ello.

Aunque parezca una trivialidad, tenemos que pensar que vamos a hablar sobre objetos o sucesos implicados en nuestras propias percepciones, con lo cual siempre nos quedará la duda sobre la naturaleza de dichos objetos, ya que tenemos necesariamente que partir de entidades tan poco consistentes como lo puedan ser las imágenes subjeti-

vas de árboles, montañas, teléfonos, etc, o del estudio de estructuras transductoras (modificadoras) del mundo físico, como lo son nuestros receptores biológicos, conocer sus funcionamientos e inducir, conjeturar o suponer los sucesos físicos a los que se refieren.

En resumen, sabemos que parte del mundo físico es percibido gracias a que conocemos el receptor con el cual interacciona. Los receptores biológicos con los cuales nos damos al mundo y actuamos en él, los usamos por voluntad, como aquello con lo que vemos, aquello con lo que tocamos, escuchamos, sentimos calor o frío o nos duele. Pero esta consciencia del uso que hacemos de ellos es solo humana. Lo que vemos es algo que penetra en nuestros ojos, lo que oímos algo que penetra en nuestros oídos...pero el mundo físico no sabe de musicas ni colores, de placeres ni dolores, de lisos o abruptos. El mundo físico es energía, átomos, moléculas, materia compacta, etc.

En los libros de sicología de la percepción podemos encontrar referencias a este mismo dilema pero no hay soluciones sustancialmente distintas a las que nos proponían los clásicos, si bien los argumentos son mas sofisticados y exactos en cuanto al conocimiento que tenemos del sistema visual (o cualquier otro) así como de la realidad circundante. De momento, y a nivel muy general, lo que nos encontramos, si asociamos los supuestamente correlatos físicos con sus receptores, es lo siguiente:

SENTIDO	TIPO DE RECEPTOR	ESTIMULO
vista	fotorreceptor	energía electromagnética
gusto	químico	disoluciones
olfato	químico	moléculas gaseosas(condensadas)
tacto	mecánico	contacto momentáneo
oído	mecánico	contacto(vibrac.,ondas sonoras)
presión	mecánico	contacto sostenido
propiocepción	mecánico	contacto
calor-frío	mecánico	contacto (temp.)
dolor	mec.,quim. y térmico	contacto
sens.viscerales	mecánico	contacto (sed, hambre,etc)
equilibrio	mecánico	contacto (gravedad)

Como se puede ver, tres son los campos posibles de captación de información del exterior o del propio cuerpo: fotorrecepción electromagnética, o sea, fotónes. Percepción química, que no solo se refiere a las papilas gustativas sino también al olfato, ya qe las fosas nasales condensan el gas y es analizado en su estado líquido. Percepción mecánica, tanto de vibraciones sonoras como de múltiples tipos de contactos. En este último caso el receptor de unos u otros es casi el mismo, lo que hay que buscar su especificidad en el cerebro (veremos mas adelante que eso ocurre con todos los sentidos).

Pero si miramos friamente a estas "puertas" que se nos abren ante un mundo desconocido, veremos que hablar de químicos, mecanicos, o electrónicos, es del todo anodino si antes no descubrimos la **capacidad o potencialidad** con que ayuda a conformar la conducta del ser viviente. Con relación a ésto, podemos preguntarnos, dado un receptor cualquiera, a que tipo de correlato es sensible, así como a partir de que cantidad y en que márgenes de dicho correlato emergen propiedades

sensibles. Es importante saber la cantidad de estímulos que es capaz de distinguir (diferenciar entre ellos), así como su relación con el espacio circundante (lo que se conoce como capacidad de localización o procedencia del estímulo).

José Alsina (1986) distingue tres tipos de capacidades: la sensibilidad, la discriminación y la localización, que mas o menos se corresponden con lo dicho anteriormente. J. Cohen (1974) nos habla de intensidad (fuertes, débiles, etc), calidad (rojo, verde, etc), duración (largos, cortos), extensión ... etc. Forgus (1966) distingue en las etapas de la percepción a la energía física, la transducción, la actividad interrecurrente del cerebro (donde se dan la activación, la selección, la reorganización y la modificación) y la experiencia perceptual. También hace otra lista :detección, discriminación, determinación, identificación y manipulación. Como se ve, según desde que punto miremos, así serán las capacidades, propiedades, potencialidades, procesos, etc en los que se envuelve la percepción. Podíamos seguir citando gente, pero valga lo expuesto como ejemplo de que la percepción está implicada e implica todo lo humano, y para que nos sea útil es conveniente inventarle propiedades, compartimentarla, analizarla, etc.

Esta claro que tenemos, en nuestro caso, que hablar del tipo de estímulo al cual es sensible la visión, determinar sus límites de eficacia, ver su capacidad para distinguir estímulos distintos y ver el grado con el cual determina la dirección del estímulo.

A primera vista es muy sencillo. El tipo de estimulo al cual es sensible ya lo hemos dicho, la energía radiante. Los limites de eficacia son así mismo medibles: entre cuatrocientos y setecientos nanometros de longitud de onda de la radiación electromagnética. El grado de localización de la fuente del estímulo es máxima (ver y sentir en la dirección del objeto), como bien sabemos. En cuanto la capacidad para distinguir estímulos distintos ya no está tan claro, aunque es evidente que es muy alta. Podriamos evadir el tema recurriendo al triangulo de la C.I.E., a los cubos de Munsell o a cualquiera de los muchos diagramas que para objetivizar este tipo de fenómenos de discriminación se han creado.

Aún así estamos ante una serie de descripciones anodinas. Ninguna de ellas resiste la mas mínima critica en cuanto que por si mismas ni siquiera podemos decir que estamos hablando de la visión, y no digamos de la visión humana. Adquieren otra dimensión cuando las vemos funcionar como un conjunto estructurado ante (o contra) ciertos aspectos de la realidad, pero sigue siendo nimia si la comparamos con la riqueza que adquieren dentro de un ser biologico en concreto. Probablemente encontremos algún animal en niveles evolutivos inferiores en el cual coincidan las capacidades anteriormente expuestas, con las nuestras, los humanos. Podemos pensar, en este caso, que si bien los sentidos pueden ser iguales, no lo serán sus posteriores elaboraciones cerebrales (con lo cual debiéramos de dudar de la igualdad de los sentidos) y por lo menos revisar las características enunciadas.

El órgano de la vista no se puede enunciar como un simple "receptor de frecuencias electromagnéticas", como muy bien pudiera serlo cualquier porción de la materia (cualquier tipo de materia siempre es sensible a alguna frecuencia) sino que éste trasciende toda elementalidad, siendo intermediario en posteriores "emergencias" de la información. No podemos analizar ningún fenomeno visual partiendo de la apariencia anatómica del órgano receptor.

Tampoco podemos decir que el estímulo son fotones. Es verdad que son los fotones los que van a ser los iniciadores de un encadenamiento de sucesos a partir de la retina, pero esto no se distinguiría del fotón que provoca la fotosintesis en las plantas, si no fuese porque la retina y el cerebro en su conjunto "espera" la llegada, no de un fotón, sino de un conjunto de fotones en los que se pueda "leer" según un código plástico y complejo, los pormenores de la interacción de la luz con la materia.

En cuanto a la capacidad de discernibilidad de estímulos distintos, sabemos que es muy elevada, pero también sabemos que en una gran mayoría son productos exclusivamente cerebrales (sino la totalidad) si bien existen sus correlatos reales. Sea como fuese, hay dificultades para saber el nivel en que estos correlatos son representados fielmente por el cerebro.

Por mi parte, creo que lo mejor será comenzar con una definición que en cierta medida englobe lo común al fenómeno visual, que como ya

sabemos es la energía electromagnética, a la par de incluir otra propiedad universal de toda percepción, que es la interacción con la materia.

Como ya indicábamos antes, aunque podemos decir de que el fotón es el objeto inicial que llega a nuestro ojo, pienso que es muchísimo mejor llamarle "suceso", ya que presupone que lo que tenemos que captar es un resultado, una transformación de algo, no el algo en sí.

Así pues:

> **DEFINICION 1-1 = Llamaré suceso físico visualmente implicado (SFVI), a todas y cada una de las secuencias de sucesos ocurridas por la interacción de la energía electromagnética con la materia o consigo misma, siempre en presencia de un ente receptor sensible a ellas.**

Ya he expresado mi opinión con respecto al problema que encierra esta definición. La componente humana viene dada por "siempre en presencia de un ente receptor", que a su vez es un subconjunto del SFVI. A este subconjunto le denominaré **SNVI** (suceso NEURAL visualmente implicado) que será el tema de la segunda parte.

Ya que vamos a hablar de **SUCESOS FISICOS**, primero tendremos que ver que es lo que se entiende por materia, como está distribuida espacialmente y así mismo que cualidades o categorías adquiere con el transcurso del tiempo o de la evolución. Al hablar de la probabilidad de que se den estas interacciones, tendremos así mismo que

ver, en qué medida la evolución de la materia hace mas probables ciertos fenómenos que otros. La evolución biológica entrará dentro de éste apartado, y evidentemente, aquí será mencionada y aclarada parte de la componente humana.

1.2. **GENERALIZACIONES SOBRE LA MATERIA**-Selección y anotación de variables y constantes mas comunes y generales.

Esta parte, por su propio carácter de generalización, tendrá necesariamente que estar incompleta, tanto por la complejidad de hacer un trabajo exhaustivo, como por mi propio interés en destacar exclusivamente aquellos puntos que vea necesarios para resaltar el carácter emergente de las distintas formas o cualidades en las que se presenta la materia.

Según la idea que consigamos definir aquí, condicionará la repuesta que tenemos que dar, con carácter de obligatoriedad, a las invarianzas, que con tanta importancia y exclusividad se habla en los textos sobre percepción. Constancia, persistencia, invarianza, etc, son constricciones efectuadas en el mundo real por parte del neural, y que sirven, a nivel de conceptos teoréticos, para intentar comprender los procesos perceptivos. Como bien sabemos, nada de ésto nos es necesario conocer para "ver", pero sí para saber "como vemos".

El primer paso será hacer un poco de historia, observar como el concepto de materia ha ido cambiando con el tiempo, y cuales son las teorías actuales en las cuales podemos apoyarnos.

1.2.1.-La materia

Si bien podemos encontrar etimologías del termino "materia" en épocas prefilosóficas y precientificas, con referencia a la madre, el bosque, la madera, etc, también es verdad que la auténtica dimensión de su significado nace cuando los humanos se preguntan sobre ella, al intentar, de alguna manera, explicar lo que les rodea.

Los mas antiguos textos escritos que tenemos sobre la idea de materia, se encuentran dispersos en diferentes fragmentos, recogidos tanto por Aristóteles, como por Hipólito, Simplicio, etc, que hacen referencia a los primeros filósofos presocráticos. De todos ellos podemos resumirlo de la siguiente manera:

El agua, el aire y lo indeterminado como forma originaria.-

Entre los fragmentos que sobre Tales se han escrito, destaca por su claridad el recogido por Aristóteles en el cual se dice que "*...el elemento y principio primero (ἀρχή) de todas las cosas es aquel a partir del cual todas las cosas existen y llegan por primera vez al ser, y en el que terminan para convertirse en su corrupción, subsistiendo la sustancia(οὐσία)...Tales dice que es el agua, tomando, tal vez, dicha suposición de la observación de que el alimento de todas las cosas es húmedo y que el calor mismo surge de éste y vive por éste....*" (Met, A3, 983 b 6 en G.S.Kirrk y J.E.Raven 1966 p.129)

Para Tales el principio u origen primero de toda realidad era el agua, entidad, por lo tanto material, y que a causa de alteraciones, condensaciones, dilataciones, resultan todas las demás cosas de este mundo.(W. Capelle, 1981 p.25 y s.; G.S. Kirk y J.E.Raven, 1981 p.129; G. Novack 1965 p.84; W.Nestle 1962 p.55-56, etc.).

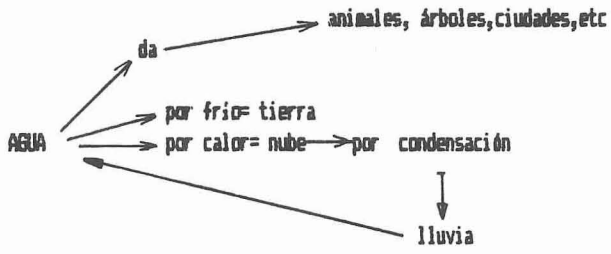


figura nº 1.1.- Esquema de elaboración propia

Para Anaximandro, el agua, el fuego, la tierra, son elementos experimentales, o sea, elementos de la realidad observable o formas aparienciales diferentes de lo UNO. Lo indeterminado o lo infinito, es el APEIRON (ἄπειρον). Todo, como en el caso de Tales, se reduce a esta "masa" como materia inicial de la que surgen las demás cosas. El esquema de la página siguiente, en el cual incluyo la génesis del mundo biológico y dentro de él la aparición del hombre, lo ejemplifica muy bien.

Es curioso que el contenido de dicho esquema no fuese mejorado hasta hace muy poco, con Lamark y con la teoria evolucionista de Darwin. Incluso la datación de la supuesta fecha de la génesis del

mundo era mmucho mas precisa por aquellas fechas que en la época victoriana.

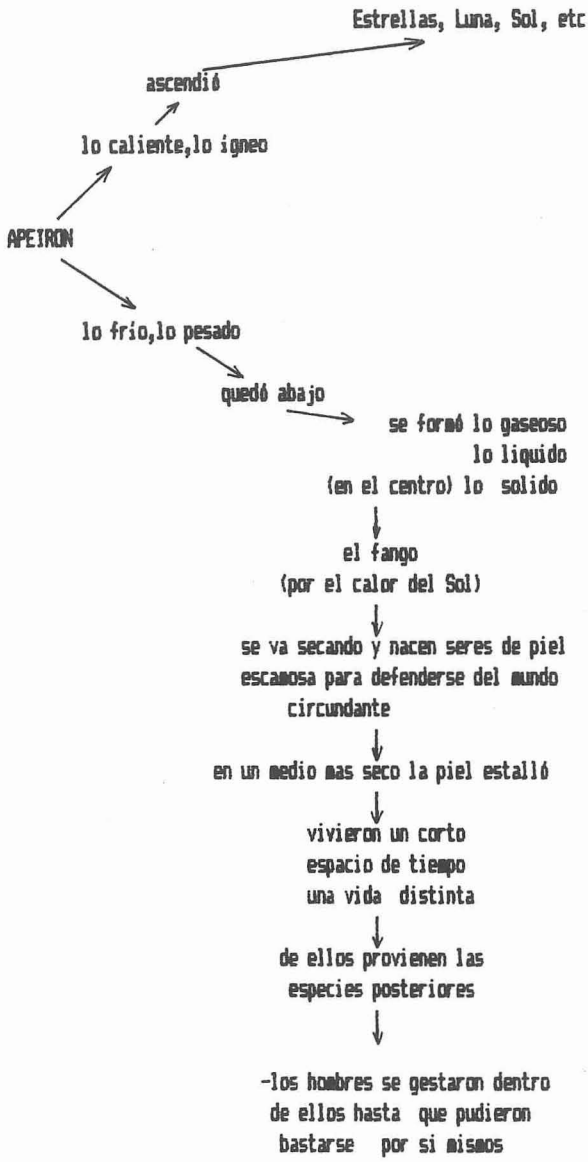


figura nº 1.2.- esquema de elaboración propia

Para Anaximenes, el Apeiron de Anaximandro es el aire, que por rarefación se transforma en fuego (en rayo) y por condensación gra-

dual en viento, nube, piedra, etc, o sea, que gracias a cambios cuantitativos se producen cambios cualitativos (diferentes tipos de materia).

> *"...la naturaleza sustante es una e infinita, mas no indefinida, sino definida y se llama aire, se distingue en su naturaleza sustancial por rarefación y condensación...hace también eterno el movimiento, por cuyo medio nace también el cambio."* (Teofrasto, ap. Simplicium Fis.24, 26; en G.S. Kirk y J. E. Raven 1966 p.207).

"Semillas" y porciones, como formas originarias.-

Con posterioridad, en la escuela itálica, los pitagóricos no pudieron solucionar ninguna de éstas cuestiones ya que recurrieron a principios matemáticos (el número y la medida) como reguladores del mundo. No ocurre lo mismo con Heráclito de Efeso, ya que postula la causa originaria de la formación del mundo (y de lo que parte todo) al FUEGO, como cierta sustancia dotada de razón.

> *"Heráclito e Hipaso de Metaponto ven en el fuego el principio de todos los seres. Del fuego todo nace y en el fuego todo termina. Al apagarse el fuego se originan todas las cosas que forman el Universo"* (Aecio,I 3,11 en "Heraclito" ed. Sarpe 1985 p.69)... *"para Heráclito el fuego eterno y periódico es dios y el destino es el logos, creador de los seres a través del movimiento de contrarios ..."*(Aecio,I 23, 7 , ibidem p.70)

Pero, aún así, el cambio no es importante y hay que esperar a Empédocles para que las ideas sobre la materia se desarrollen progre-

sivamente, junto con Anaxágoras, Leucipo y Demócrito, alcanzando así su nivel mas alto.

Empédocles parte del fuego, el aire, el agua y la tierra, postulando que todas las cosas de este mundo están compuestas con partículas de éstos cuatro elementos, eternos, que mediante la mezcla y la separación aumentan o decrecen. El amor y la discordia, son en sí, los primeros principios (tal y como se lo achaca Simplicio y Teofrasto) ya que son los que le imparten el movimiento a los cuatro primeros.

De esta manera se introduce en la filosofía el concepto de PARTICULA. Así, con Anaxágoras y mas tarde con Leucipo y Demócrito se precipita el concepto ATOMISTA de la materia. Dan contenido de indivisibilidad al átomo, a la vez que introducen el de "forma" (idea) ya que forma y átomo se identifican. Los átomos de forma congruente se unen formando agregados sensibles. Las propiedades de las cosas dependen del número, forma, tamaño y relación de los átomos que los constituyen (ver W.Capelle, 1954 p.106 y siguientes).

Para no extendernos demasiado, y dado que los escritos que se conservan son muy numerosos, los fragmentos siguientes resumen con toda claridad sus pensamientos:

> *"Si ésto es así, es preciso admitir que en todo lo que está reunido hay muchas y diversas cosas y que las SEMILLAS de todas las cosas tienen diversos aspectos, colores y sabores. Hay que admitir también*

que los hombres y todos los demás seres vivos que tienen alma se han conglomerado de la misma manera..."(Anaxágoras, en Simplicio,phys.,34,29; recogido en en Kirk y Raven 1966 p.526)

"Leucipo y su compañero Demócrito sostuvieron que los elementos son lo lleno y lo vacío, a los cuales llamaron ser y no ser, respectivamente. El ser es lleno y sólido: el no ser es vacío y sutil. Como el vacío existe no menos que el cuerpo, se sigue que el no ser existe no menos que el ser. Juntos los dos, constituyen las causas materiales de las cosas existentes. Y así como quienes hacen una sola sustancia fundamental, derivan las otras cosas de las modificaciones sufridas por aquélla, y postulan la rarefacción y la condensación como origen de tales modificaciones, así también estos hombres decían que las diferencias entre los átomos son las causas que producen las otras cosas. Según ellos, dichas diferencias son tres: forma, orden y posición; el ser, dicen, sólo difiere en "ritmo, contacto y revolución"; "ritmo" corresponde a la forma, "contacto" al orden y "revolución" a la posición: porque A difiere de N en la forma, como AN de NA en el orden, y Z de N en la posición". (Aristóteles, Met. A4, 985 b 4; en Kirk y Raven 1966 p.565)

La concepción aristotélica.-

Nos encontramos aquí con una idea bastante diferente a las anteriores, tanto por su contenido como por la cantidad de argumentaciones y textos que nos han llegado.

Con Aristóteles se va a introducir un nuevo concepto que va a estar en radical oposición a los anteriores. Es materia todo aquello que permanece en forma de substrato cuando se da un cambio entitativo, por ello toda entidad es un sistema compuesto de materia y forma, de componentes y estructura.

"llamo materia al substrato primero de cada cosa, a partir del cual se genera" (Aristóteles, Fisica, 192 a 31, recogido en J. Mosterín, 1984 p.68).

Hace hincapié, sobre todo, en el "compuesto" indisoluble y determinantemente proporcionado de materia y forma como integrante de la sustancia. El ser en un originario y auténtico sentido tiene dos elementos constituyentes: la <u>materia</u> (ὕλη) como sustrato (ὑποκείμενον) y la <u>forma determinante</u> (εἶδος,μορφή). (ver W. Capelle, 1954 p.344)

Lo real es pues una unidad sintética de materia y forma, no dándose en la realidad empírica ninguna materia sin forma ni forma sin materia.

Así mismo, son atributos de la materia la <u>"posibilidad"</u> y de la forma la <u>"realidad"</u>. Define, por lo tanto, al "devenir" como el paso de una posibilidad a una realidad."*Llegar a ser es, pues, cambio de un sustrato (ya determinantemente formado) desde un determinado estado hacia el opuesto, a consecuencia de la forma que en el se realiza. Devenir significa, por tanto, el relevo de la forma de un sustrato por medio de otra, cuya posibilidad yace encerrado en el sustrato, o sea en la materia.*"(W. Capelle: 1954 p.346).

Profundiza también en los conceptos de forma y materia, cuando nos aclara que la forma no es la imagen sensible de una cosa, sino "*el principio que determina cualitativamente el propio ser y a consecuencia del cual la cosa es lo que es*" (Capelle 1954 p.347), o en un tono mas mas poético: "*desde la flor del manzano adquiere*

lentamente realidad la manzana gracias a la "forma" que actúa en tal flor" (Capelle 1954 p.347).

Por lo tanto, la materia no es simplemente una materia-prima, muerta, sin forma ni propiedades. En la materia existe una predisposición hacia la creación de la forma, ya que en un estado inicial existe la "necesidad" de tender hacia ella. Cumple una finalidad.

Breve discusión sobre el concepto de materia en la antigüedad.-

Hasta aqui podemos abstraer los tres conceptos de materia que se han dado en la antigüedad. Los milesios partían de un concepto de **"masa"** de donde todo se generaba por frío, calor, condensación y rarefación. Implica, además, cierta vida interna de la materia (hilozoismo).

A partir de Empédocles, el concepto de "masa" se desvanece y es sustituido por el de ***"elemento"*** o átomo, dándose de ésta manera la posibilidad interpretativa de si éstos constitutivos primigenios de la materia son variables o no, eternos o perecederos, etc. Para los atomistas éstos elementos son cuerpos simples, homogéneos, eternos, ingenerables, indestructibles, indivisibles y sólo se diferencian unos de otros por su figura y tamaño. Para la concepción Aristotélica éstos elementos no solo se pueden destruir sino alterar, transformar unos en otros, etc. En un reciente trabajo publicado por Mosterín (J.Mosterín, 84), éste expresa que la concepción de la materia en Aristóteles, es que la materia es siempre una materia de algo. Y lo

que es materia de algo puede, por su lado, en sí mismo, no ser materia, sino entidad completa, por cuya materia podemos a su vez preguntarnos. Su diferencia con los atomistas la deja bien clara según los dos puntos siguientes:

1.-Según los atomistas hay (o es posible) un análisis definitivo y absoluto de los cuerpos complejos en cuerpos últimos simples y permanentes. Según Aristóteles no hay (y no es posible) un tal análisis, sino solo un análisis provisional y relativo en componentes y estructura.

2.-Según los atomistas, los cuerpos mas simples (los átomos) son eternos, inalterables, no estando sometidos a mas cambio que el meramente local, mientras que para Aristóteles incluso los cuerpos mas simples (los elementos) son alterables y destructibles,pues están sometidos al cambio entitativo, transformándose en determinadas circunstancias unos en otros.

(adaptado de J. Mosterín 1984 p.81)

Si distinguimos, desde una perspectiva actual, entre estos tres tipos de concebir la materia, se debe, en gran parte a la herencia que tenemos de ellos, de la transmisión de dichas ideas y términos, y al palpar, dados los avances tecnológicos de hoy, lo que en otros tiempos eran simples conjeturas. En cambio, debemos dudar de estar en lo cierto, ya que se nos ha sido vetado el saber a ciencia cierta lo que realmente querían decir con sus palabras. Evidentemente, solo nos puede quedar la duda, justificada en el hecho de que cuando se está hablando de elemento, semilla, o sustrato, paralelamente, se habla de éter, vacío, mente, logos, amor y discordia, dios, divinidad, etc, con lo cual adquieren un remarcado sentido dualista, o hilozoista en el caso de los preáticos. Sintomático es el caso de Anaxágoras y Empédocles, para quienes (según Simplicium) la mente (causa que lo mueve todo) es corpórea, siendo sólo un poco mas sutil y pura que la

materia.

Quede esto como simple duda, ya que aunque ciertas ideas nos puedan parecer incoherentes o inexplicables, no lo son menos que las nuestras, tal y como se vera mas adelante, al hablar sobre la dualidad mente-materia.

La concepción actual.-

Sea como fuese, estas dos líneas conceptualmente diferentes han llegado hasta nuestros días reforzadas empíricamente por el cúmulo de experimentos dados a lo largo de la historia. El problema es que siguen existiendo las mismas dudas. Los átomos, la tabla periódica, la combinación química, etc parecen dar la razón a Demócrito. Ahora bien, es de todos conocido que los elementos de la tabla periódica no son "últimos", que están compuestos de otros elementos mas simples, como por ejemplo: el protón. A su vez, el protón es una mezcla discreta de ciertas cantidades de quarks y leptones. Lo que tampoco podemos dudar, es que aún siendo cierto lo dicho hasta ahora, un átomo de Nitrogeno o de Hierro es una "entidad" diferente a la que constituye un protón, estando los dos compuestos, en sus últimas consecuencias por los mismos elementos mínimos conocidos. Queda claro que es mas un problema de estructura.

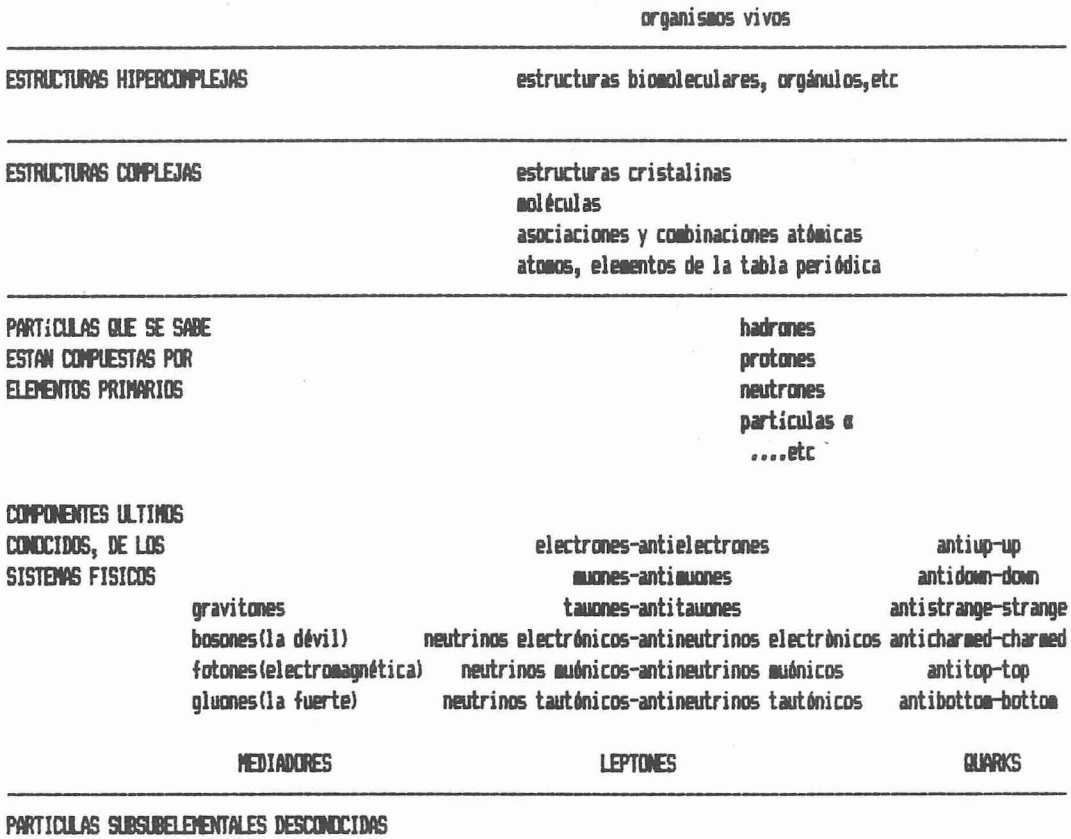


figura 1.3.-(esquema de elaboración propia)

Si nos fijamos en el esquema siguiente (figura 1.3) veremos que por encima de los elementos de la tabla periódica existen partículas que son constitutivos de dichos elementos, a la vez que éstas partículas son, así mismo, compuestas de otras mas simples todavía. El hecho de que la ciencia nos hable de elementos simples cuando se refiere a los leptones y los quarks dentro de los sistemas físicos, y a los mediadores (gravitones, bosones, y gluones) dentro de las fuerzas fundamentales, no es impedimento para sospechar que los elementos últimos pueden ser todavía compuestos "de algo" (por ejemplo, de materia).

Dichos elementos últimos son destructibles, se les puede crear y transformar unos en otros. Esto parece tener cierta relación con la teoría Aristotélica si bien la semejanza es mas "poetica" que real, ya que una partícula actual es concebida como una zona de campo de intensidad grande, no como una semilla o un grano de polvo, o sea, no como un "objeto" habitual de nuestro entorno que fuese infinitamente pequeño.

Nosotros podemos desembarazarnos del problema, diciendo , tal y como lo hace Mosterín, que éste es un problema de énfasis, y quizás una concepción atomista no sea tan verdadera ni tan falsa como la Aristotélica. Ahora bien, tal y como se ira desprendiendo a lo largo de este trabajo, la materia es algo mas que meros conglomerados de elementos simples, algo mas que la suma de sus propiedades. La materia es estructura o "forma" de posibiliades casi infinitas. Sus elementos últimos no son mas que una lista incompleta. Nos son accesibles y conocidos por sus propiedades, por un sistema de relaciones con el resto de la materia, por su estructura en resumidas cuentas.

Algunas consideraciones en torno al problema mente-materia.-

Si ha quedado evidente, tal y como se ha visto, la dificultad con la que nos encontramos para hacer un pequeño resumen sobre los principios de la materia, no son nada si lo comparamos con el problema planteado por la dualidad mente-materia.

En el fondo, la raíz es solo una. Como la ciencia deja un gran vacío dentro del conocimiento humano, con respecto a lo que genera el mundo, al hombre y su devenir, y se expresa con una gran "indeterminación" cuando habla de la materia, de sus elementos, o del azar y arbitrariedad que deambula por las leyes que rigen el presente y el futuro...no es de extrañar que sea campo abonado para generar reacciones y rechazo, o lo peor, colocarse al margen y gestar teorías deslindadas de la realidad física o empírica.

No es pues un problema vulgar, sino todo lo contrario, el mas difícil de resolver, ya que se funden en uno solo las dos caras del problema: la materia y su percepción subjetiva.

La dualidad mente-materia (o también mente-cerebro) ha estado implícita y lo sigue estando, en todas las concepciones filosóficas e incluso desde antes, en el pensamiento mítico-religioso, en el salvaje, o allí donde se encuentre una comunidad humana. Digo implícita porque aún no habiendo consciencia o planteamientos sobre la materia o la mente, sí en cambio hay una actitud humana ante la naturaleza, el propio hombre o cualquier manifestación del mundo físico, de la que fluye el contraste entre la relación cotidiana con los objetos inmediatos del entorno y la que se tiene con los otros objetos (conceptuales) a los que se atribuye una existencia, así mismo, real.

Este cariz antropológico es una de las invariantes que constantemente se encuentran detrás de las actividades humanas. No es difícil evidenciar la existencia de un encadenamiento, transmisión y desarro-

llo entre éste tipo de conocimiento primitivo y el que se gestó en Grecia a partir de Tales de Mileto. Si releemos la historia no es mas que un ir y venir de concepciones monistas y dualistas, de materialistas e idealistas, y todos sus intermedios o zonas de conciliación y dudas. Anaxágoras ya hizo mención sobre que la causa del movimiento y del nacimiento es la mente, y tal y como vimos en los puntos anteriores, las ideas sobre la materia fluctúan entre estos dos polos. Parménides, en cambio, partiendo desde una postura monista crea una teoría bastante respetable, donde se plantea la necesidad de que todo lo que existe tiene que ser y haber sido siempre "ser", ya que es impensable que algo que no-es pase alguna vez al "ser".El pensamiento, a su vez, es "ser".

Son éstas, opiniones, certezas, deducciones, etc que sobre la materia hacemos y nos comportamos ante ella. El espectro teórico actual tiene como base la matriz siguiente:

1. -podemos negar que existan la materia y la mente
2. -podemos negar que exista la materia,o sea, que es un producto mental (idealismos, panpsiquismos y fenomenalismos).
3. -podemos negar que exista la mente,o sea, que es materia (materialismo eliminativo, conductismo).
4. -podemos afirmar que tanto la mente como la materia existen
5. -podemos posicionarnos ante el problema de otra manera

Ahora bien, mientras que neguemos la existencia de uno de los elementos, no existe posibilidad de encontrar una solución plausible al problema, dada la poca flexibilidad o capacidad resolutiva de los argumentos para dar respuestas a preguntas concretas. Podemos suponer,

de antemano, que la mayor parte de las respuestas serán destinadas a la frase :...al fin y al cabo todo se reduce a materia (o a ideas, cultura, mente...etc).

Si afirmamos que existen los dos valores, ahora tenemos que ver como se relacionan, ya que no basta con saber que hay montañas y que de vez en cuando pensamos sobre ellas. Los tipos de relación mas importantes pueden resumirse de la siguiente manera (M.Bunge,1980 p.25-50):

a) que son totalmente independientes (autonomismo)
b) que son paralelos, sincrónicos, o armónicos (paralelismo
c) la materia causa la mente, la secreta (epifenomenalismo)
d) la mente causa la materia, la dirige (animismo)
e) interactúan. El cerebro es la base de la mente, y ésta lo controla (interaccionismo)

No cabe duda de que existen muchas mas posibilidades, ya que se presta a ello. Ahora, por último nos queda aquella postura que cree que es erróneo plantearse de ésta manera la cuestión y busca soluciones de compromiso, conciliadoras o por otros campos, métodos o disciplinas.

f) que son la misma cosa, simples aspectos de algo desconocido (monismo neutral)
g) la mente es física (materialismo reductivo, fisicismo)
h) que la mente es un conjunto de bioactividades emergentes (materialismo emergentista)

Diez concepciones sobre el problema mente-cerebro. ϕ representa el cerebro (o lo físico) y ψ la mente (o lo mental)

	Monismo psicofísico		Dualismo psicofísico
$\mathcal{M}1$	Todo es ψ: *idealismo, panpsiquismo* y *fenomenismo*. Berkeley, Fichte, Hegel, Fechner, Mach, James, Whitehead, Teilhard de Chardin.	$\mathcal{D}1$	ϕ y ψ son independientes. Nadie ha llegado tan lejos excepto L. Wittgenstein.
$\mathcal{M}2$	ϕ y ψ son otros tantos aspectos o manifestaciones de una única entidad: *monismo neutral, concepción del doble aspecto*. Spinoza, James, Russell, Carnap, Schlick, Feigl.	$\mathcal{D}2$	ϕ y ψ son paralelos o sincrónicos: *paralelismo psicofísico, armonía preestablecida*. Leibniz, R. H. Lotze, H. Jackson, algunos gestaltistas, el joven Freud.
$\mathcal{M}3$	Nada es ψ: *materialismo eliminativo, conductismo*. J. B. Watson, B. F. Skinner, A. Turing, R. Rorty, W. V. Quine.	$\mathcal{D}3$	ϕ afecta o causa (incluso secreta) ψ: *epifenomenismo*. T. H. Huxley, K. Vogt, C. D. Broad, A. J. Ayer, R. Puccetti.
$\mathcal{M}4$	ψ es físico: *materialismo reductivo o fisicalista*. Epicuro, Lucrecio, Hobbes, K. S. Lashley, J. J. C. Smart, D. Armstrong, P. K. Feyerabend.	$\mathcal{D}4$	ψ afecta, causa, anima o controla ϕ: *animismo*. Platón, S. Agustín, Tomás de Aquino, S. Freud, R. Sperry, K. R. Popper, S. Toulmin.
$\mathcal{M}5$	ψ es un conjunto de funciones (actividades) cerebrales emergentes: *materialismo emergentista*. Diderot, C. Darwin, Cajal, T. C. Schneirla, D. Hebb. D. Bindra.	$\mathcal{D}5$	ϕ y ψ interactúan: *interaccionismo*. Descartes, W. McDougall, W. Penfield, J. C. Eccles, K. R. Popper, J. Margolis.

figura nº 1.4.-Esquema de Mario Bunge: 1980 p.26

Si estas ideas están implícitas en nuestra actitud ante la naturaleza o lo real, se denotan en la validez que le demos a nuestras percepciones y experiencias; si tenemos plena confianza en lo que vemos (realismo) o pensamos (dogmatismo) ; si dudamos de nuestros sentidos e incluso de conocer alguna vez la realidad (escepticismo).

Si pensamos que solo es válido y verdadero aquello que subjetivamente conocemos y juzgamos (individualismos y subjetivismos), que no hay verdades absolutas ni universalmente válidas (relativismos), o que solo es verdad lo universalmente válido (pragmatismos), etc. Podemos opinar que la única fuente del conocimiento es la experiencia (empirismo) o los conceptos (intelectualismo) o algo "a priori" que hace posible la experiencia (apriorismos). Que cuando observamos la realidad es ésta quien nos determina (objetivismo) o todo lo contrario, ya que podemos pensar que no hay realidad independiente de la conciencia (subjetivismo)...y podemos seguir, dentro de éste orden de paradigmas

todo el abanico de posibilidades que nos ofrece la historia del pensamiento humano : el realismo (ingenuo, natural, critico, volitivo), el idealismo (epistemológico, subjetivo, objetivo)...o cualquier combinación que se nos ocurra por extraña que parezca (idealismo emergentista, fisicalismo interaccionista, materialismo animista, que en cualquier momento pueden aparecer).

En contraste a esta manera tan frívola de hablar sobre las ideas filosóficas, se impone la absoluta "necesidad" de su nacimiento o gestación dentro de mentes humanas, en un tiempo y un contexto dado. Sobre todo, esta necesidad viene dada con mas fuerza desde el momento en que existe una minima tradición filosófica y cientifica que pretende a base de reglas controlar la arbitrariedad de nuestras ideas o el nivel de verdad de ellas. Algo que tiene mucha relación con esto son los postulados de Aristóteles, quien decía que toda ciencia "*debía de cumplir cuatro postulados, a saber: 1) postulado de realidad, 2) postulado de verdad, 3) postulado de deducción, 4) postulado de evidencia.*"(Nicanor Ursua 1986 p.462). Pero esta visión Aristotélica se demostro que no era del todo cierta ni necesaria. Una gran mayoria de nuestros conocimientos sobre la realidad no cumplen los cuatro postulados a la vez. Ni siquiera hoy en dia es necesario que los principios desde los cuales partimos para la construcción de una teoria sean verdades evidentes. Lo mismo ocurre con la pretensión de que las sensaciones privadas son enunciados seguros que tal y como nos lo recuerda N. Ursua, parafraseando a W. Stegmüller "*a estos enunciados no les corresponde una certeza absoluta, pues encierran un cierto carácter privado, convencional o hipotético y no son, por tanto, ni seguros ni evidentes. ¸Y como los protocolos no son abso-*

lutos ni definitivos, ya que la posibilidad del error no está nunca excluida, se han de considerar hipotéticos y, por lo tanto controlables..."(Nicanor Ursua: 1986 p.465)

Esto demuestra la universalidad y transcendencia de la dualidad mente-materia, ya que lo contamina todo y encuentra su fundamento precisamente en el centro de la ciencia, alli donde se mide su validez.

Retomando un poco el hilo de lo dicho anteriormente tenemos que reforzar la idea que queremos defender, tanto sobre la materia como sobre la realidad. Parece que es un absurdo lo planteado, pero ya hemos comentado la existencia de una dualidad entre la materia y su percepción (incluso a través de teorias cientificas), y en principio, aunque sabemos que deberia de estar incluida una en otra, su estudio va por otros caminos. Uno responde al ¿que es la materia?, el otro al ¿esta realidad es independiente de mi conciencia o existencia? o ¿puedo estar seguro de lo que veo?. Está claro que si la mente o la conciencia, tal y como defendemos nosotros, forma parte de la materia, de la propia realidad, una buena definición de materia nos resolveria el caso, pero todas las existentes no son capaces de hacerlo.

Veamos para ello el esquema de la página siguiente elaborado por N. Ursua (N. Ursua: 1986 p.478). En la parte izquierda se indica la posición y a la derecha la respuesta a la pregunta :¿Por qué es el mundo (espacio fisico) tridimensional?.

POSICION	RESPUESTA
1- Ocasionalismo (Malebranche):Dios cuida de la concordancia: cuando veo un pájaro volando, despierta en mí la correspondiente representación.	Cada vez que veo algo tridimensional, Dios despierta en mi una representación tridimensional
2-Orden preestablecido (Leibniz): Dios creó desde el principio las dos substancias (cuerpo-espíritu, cuerpo-mente) de tal manera que permanecen para siempre en armonía como si estuvieran en relación reciproca. (Símil de los relojes).	Los objetos y la intuición son siempre tridimensionales.
3- Empirismo (Locke, Hume): Las categorias de lo real forman y determinan las categorias del conocimiento en todo individuo de manera nueva	El espacio de la intuición es tridimensional, porque el mundo que nos rodea es así.
4- Apriorismo (Kant, Eddington): Las estructuras del conocimiento (normas de intuición y categorias) determinan las formas de la experiencia y, con ello, las categorías de lo real	El mundo de la experiencia es tridimensional, porque nuestra forma a priori de la intuición del espacio es tridimensional.
5- trascendentalismo-lingüistico (Wittgenstein, Whorf): la estructura del mundo es idéntica a la estructura del lenguaje. Las formas de la experiencia se determinan por medio del lenguaje.	El mundo de la experiencia es tridimensional, porque el lenguaje adscribe a esa la tridimensionalidad.
6- Convencionalismo (Poincaré): Con qué leyes describimos el mundo, o sea, nuestras experiencis, es una pregunta que pertenece al acuerdo arbitrario.	El mundo es tridimensional porque estamos de acuerdo en describirlo así.
7- Economismo (Spencer, Mach): No existe ninguna verdad objetiva, sino sólo descripciones eficaces de los fenómenos.	El mundo de la experiencia se describe tridimensionalmente, porque es la descripción más económica.

8- Evolucionismo (Lorenz): Algunas categorias del conocimiento se han desarrollado en la adaptación a la realidad, así pues, han sido adquiridas filogenéticamente. Para el individuo, o sea, ontogenéticamente, son innatas. (Teoria evolucionista de la identidad orientada teórico-sistémicamente).	El mundo de la experiencia es tridimensional, porque nuestra intuición del espacio se ha desarrollado filogenéticamente en la adaptación a un mundo tridimensional.

figura nº 1.5.-Esquema de N. Ursua (1986 p.478-479)

Las posiciones hacen referencia a las relaciones existentes entre la realidad de la experiencia y el conocimiento subjetivo. Está claro que para nosotros es el "evolucionismo" el que tenemos que defender, ya que otra de las posicones que tomamos, de las descritas en el esquema de Bunge, es la del materialismo emergentista. Aun así, en nuestro caso, considerándonos evolucionistas y por lo tanto "realistas" tenemos el dilema siguiente: (N. Ursua 1986 p.471)

-el realismo ingenuo nos dice que existe un mundo real, al margen de nosotros mismos, y que es tan real como lo percibimos.

-el realismo crítico nos habla de un mundo real, pero que no está hecho en todos sus rasgos como se nos manifiesta.

-el realismo crítico riguroso: Existe un mundo real, pero ninguna de sus estructuras es como se nos manifiesta.

-el realismo hipotético supone la existencia de un mundo real que tiene ciertas estructuras y que éstas son en parte cognoscibles y examinamos en qué medida avanzamos con estas hipótesis. El carácter hipotético viene a reflejar el aspecto científico de que no podemos tener un conocimiento absolutamente seguros sobre el mundo.

Nosotros en principio creemos y defendemos el realismo hipotético ya que opinamos que aunque no podamos estar seguros de nuestro conocimiento, nuestras hipótesis sobre él estan bien fundamentadas, asi como nuestras percepciones bien contruidas, tal y como se veran mas adelante (ver punto 2.3.9 y las conclusiones). Quizás pueda haber ciertas discrepancias con el realismo hipotético al opinar que de las percepciones en sí podemos tener la absoluta certeza de su existencia (cuando percibimos una alucinación podemos tener la certeza de percibirla) así como, que la percepción es mas rica que lo percibido (supera en muchos aspectos al objeto). Aunque son diferencias que si tiramos del hilo tienen todo el aspecto de ser militantes del realismo riguroso (si nuestras percepciones son en muchos aspectos mas ricas que el objeto percibido, éstas posiblemente en nada se parezcan al mundo real, a excepción de la percepción en sí), no cabe duda de que el realismo hipotético representa una actitud ,a parte de su argumentación (ver N. Ursua 1986 p.461-502), lo suficientemente prudente y mesurada como para hacerla creible.

Ya hemos aclarado nuestra postura ante la realidad. Ahora toca hacerlo sobre la materia: Si los elementos mas simples conocidos son destructibles y se les puede crear y transformar unos en otros, tiene que ser también verdad el hecho de que elementos mas complejos son susceptibles de las mismas transformaciones. Así mismo podemos conjeturar que la existencia de dichos elementos complejos es exclusivamente circunstancial, o sea, dependientes de un evento espaciotemporal. Aún mas, podemos suponer que dicha existencia tiene que llevar implícita una historia que no solo explique su creación sino

el entorno en el cual ha sido posible tal suceso. Como se ve, podemos decir que algo nuevo existe o tiene una entidad, si guarda diferencias con el resto que le rodea, y como dichas diferencias no se pueden basar "en nuevos elementos mínimos" tiene por necesidad que basarse en una relación estructural nueva (una emergencia, o en términos Aristotélicos, en una forma)

Si hoy podemos decir que dos quark(up) mas un quark(down) conforman un protón, a la vez que un quark(up) sumados a dos quark(down) constituyen un neutrón, también podemos afirmar que la estructura, propiedades, o potencialidades del neutrón y del protón no son deducibles de los quarks, sino que son innovaciones con respecto a ellos y entre sí.

Así pues, (y sin entrar en la discusión de si son antes los elementos complejos y que a partir de éstos se generan los simples, o por el contrario, son antes los simples y luego devienen los complejos), un elemento complejo es siempre el resultado de un evento basado en situaciones anteriores, que presenta propiedades nuevas y que es el resultado, o lleva impreso el proceso histórico, de la historia del contexto de donde surgió.

Ahora, para facilitar las cosas, paso a definir lo que es un sistema, ya que todo lo dicho entra dentro de lo que Bunge define como composición, medio y estructura de un sistema (M. Bunge 1980 p.237-238):

1.-Si C(σ) es la composición, del sistema σ, C(σ)nA sería el

conjunto de las partes de σ que son del tipo A.

2.-Si E(σ) es el medio del sistema σ ; E(σ) es el conjunto de items concretos que no forman parte de la composición de σ, que actúan sobre componentes de σ que a su vez, también actúan sobre ellos.

3.-Si S(σ) es la estructura de un sistema σ, S(σ) es el conjunto de relaciones que se dan entre los componentes de un sistema o entre éstos y los items del medio. Incluye las conexiones y ligaduras entre sus componentes.

De esta manera, sirviéndonos de estos puntos como vehiculo conceptual, podemos definir a la materia como:

DEFINICION 1-2 = Se entiende por MATERIA al sistema último de referencia, o sea, al conjunto total de los sistemas conocidos ante los cuales podemos prever la existencia de una composición, un medio y una estructura.

Existen algunos problemas para aceptar esta definición, sobre todo por el hecho de que tenemos que decir cual es su composición, su medio y su estructura.

Así, C(σ) (composición del sistema) puede ser, en principio, cualquier elemento mínimo, con la salvedad que C(σ) puede ser tanto un sistema como un elemento o parte de otro. Quien define lo que es, será la estructura y el medio. S(σ) (la estructura), definirá si el elemento "a" (dada su relación con "b") es elemento de "σ", o si pertenece al medio. Esto es realmente sencillo si introducimos el concepto de emergencia, ya que quien definirá si tal o cual elemento pertenece o no, si es parte o sistema, será la propiedad que con rasgos cualitativamente nuevos porta el sistema, pero no sus componentes.

Por el contrario, solo podemos definir por E(σ) (medio del sistema último de referencia) a las posibilidades de innovación de dicho sistema.

Visto desde ésta perspectiva, un sistema (un subsistema del sistema último de referencia) es siempre una innovación (regresiva o progresiva) con respecto a sus componentes, a su medio y a su estructura.

Aqui tendríamos que detenernos un poco y hablar sobre las diferencias que existen entre la concepción del continente, la concepción de la materia prima, o la concepción relacional del espacio fisico. Valga solo anotar que la del continente hace referencia a un espacio (no físico, absoluto) donde existen los objetos fisicos, poseedores de una estructura espacial definida. Evidentemente, esto nada tiene que ver con lo nuestro.

La concepción de la materia prima se basa en el hecho de que *"el espacio es la sustancia elemental a partir de la cual se constituyen todos los objetos fisicos"* (M. Bunge: 1983 p.65). Al igual que en la del continente, el espacio es dado, pero con la salvedad que éste pertenece a la constitución de las cosas en sí, lo mismo que el tiempo. Para nostros, el tiempo y el espacio son relativos, "comprimibles" y no son ontologicamente pertenecientes al objeto.

Con especto a la concepción relacional, no cabe duda de que es la mas parecida a la nuestra (sino la misma, con otra terminologia): *"el espacio no es un objeto autoexistente, sino un entramado de rela-*

ciones entre cosas o entre eventos" (...) "es un entramado de relaciones entre cosas. Es la estructura básica de la totalidad de cosas posibles (legales)" (M. Bunge 1983 p.67-68).

Queda claro que nuestra postura es mas Aristotélica que atomista, ya que no aceptamos a los corpúsculos como elementos minimos ni primeros, sino que lo "corpuscular" o lo "cósico" con lo que puedan manifestarse ciertos subsistemas, dependen mas de sus relaciones con con otros subsistemas (para los cuales son "corpusculos") que del subsistema en si.

En una situación terrestre éstas abstracciones se pueden concretar, ya que podemos relativizar el problema a unas coordenadas propias (históricas) de la formación y evolución de la Tierra. La forma en que se concretan, nos hablará de las emergencias. Esta es la justificación del punto siguiente.

Es conveniente, dado el carácter tan complicado de la situación (no se reduce a hablar sobre protones, sino de moléculas, seres vivos, ecosistemas, objetos artísticos, etc) utilizar un tipo de explicación genética, ya que las características por las cuales podemos hablar de un objeto o un suceso los obtenemos de estudiar su evolución, su cambio, sus transformaciones, no exclusivamente del propio objeto en sí.

1.2.2.-La transformación constante: Advenimiento de la emergencia-Contextura del suceso perceptivo

> *"bien, dijo: si tú crees que el amor es, por naturaleza, amor de lo que tantas veces hemos convenido, no tienes por qué asombrarte; según la misma razón que antes, la naturaleza mortal busca, en lo posible, existir siempre, ser inmortal, y eso solo le es posible por generación, dejando constantemente un nuevo ser en el lugar del viejo; así ocurre también en cada viviente individual, que se dice que vive y es el mismo desde la infancia hasta la vejez, cuando no conserva en sí nada permanente, sino que constantemente muere y renace en sus cabellos, en su carne, en sus huesos, en su sangre, en la totalidad de su cuerpo..."*
>
> (Platón, el banquete, 207d ed. M. Sacristan)

Aunque hace ya dos milenios y medio que se escribieron estas palabras, dificilmente podemos rebatirlas en cuanto a las dos direcciones del "existir siempre" que nos propone Platón en boca de Theotima:"*...que solo es posible por generación*", y el "*..morir y renacer constantemente en uno mismo*". Estas dos direcciones todavía hoy se mantienen, claro está, con otras intenciones y términos mas exactos, como los motores que devienen la evolución. "Generación" por replicación (función general de la materia viva) y quizás "morir y renacer en uno mismo" por adaptación, por el resultado de la acomodación a un medio, y por el debido al pool genetico.

Pero este tipo de transformación constante no es exclusivo de la materia viva. La materia, en general, tal y como vimos en el punto anterior es susceptible de cambio, y la existencia de estructuras cada vez mas complejas se basa precisamente en esta particularidad.

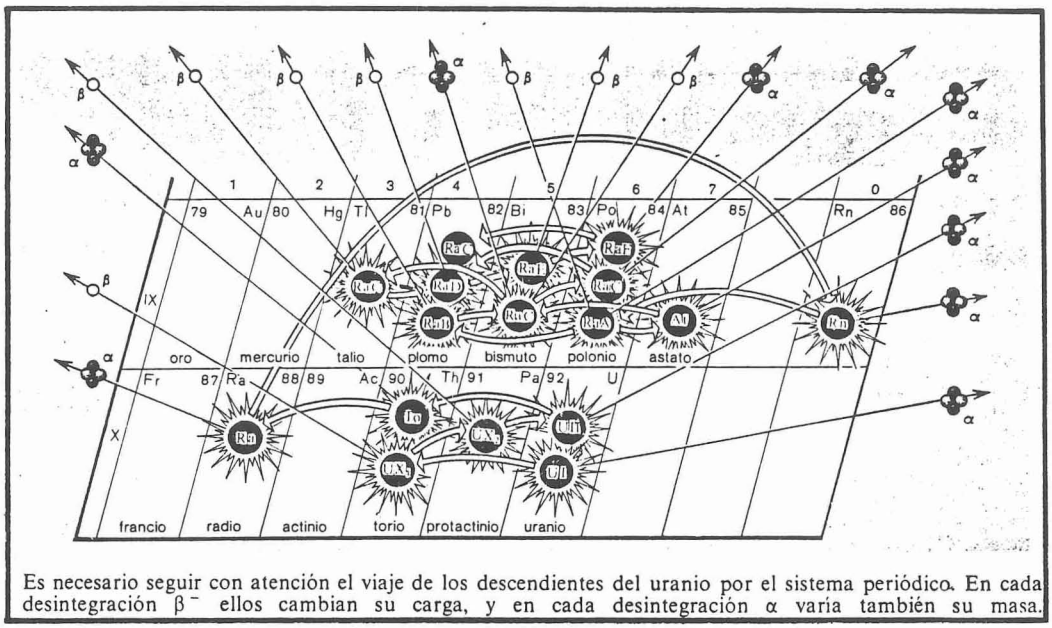
De momento hagamos un poco de historia. Por un lado, la materia actual, su disposición y propiedades no son mas que un resultado o un estado evolutivo alcanzado, cuyo punto de partida se pierde en el tiempo, en la teórica "explosión inicial" o Big-bang. Por el otro, un ser vivo actual no e mas que un estado evolutivo de una materia viva inicial, que bien pudiera ser la "sopa primitiva" que Haldane y Oparin postularon. No nos cabe ni la menor duda de que los dos procesos son muy diferentes, si bien hay ciertas características con las cuales pueden coincidir, pero la cualidad desde la que parten están a niveles tan distantes que solo son meras semejanzas. Digamos que hay un encadenamiento causal.

Así pues, la materia actual, su disposición y propiedades, se deben a una evolución (en términos físico-químicos) de la propia materia como acomodación a situaciones cada vez mas degradadas de energía. La típica frase de "la Tierra se enfría" no es mas que un aspecto de esta acomodación. Pero a niveles atómicos existe también una evolución en términos asimismo atómicos.

Atomos muy pesados, creados en condiciones no existentes en la Tierra actual, pierden energía, bien emitiendo partículas alfa o bien beta. El resultado es una degradación, o mejor, una transformación en otros elementos mas estables que el anterior.

El paso de un estado "inestable" a otro mas "estable" (ver figura nº3) de ciertos elementos radioactivos, no solo aumenta el

número de átomos, sino el de las posibilidades de combinación entre ellos, el de la aparición de nuevas propiedades (como las químicas, por ejemplo),



Es necesario seguir con atención el viaje de los descendientes del uranio por el sistema periódico. En cada desintegración β^- ellos cambian su carga, y en cada desintegración α varía también su masa.

figura nº-1.6.-Esquema tomado de I.V.Petriànov y D.N.Trifonov: 1981 p.51

etc. Pero esta "inestabilidad" o "estabilidad" es un valor relativo, pues dependen de condiciones tales como presión, campo magnético, temperatura, etc, exteriores al átomo en sí, y dependiente a su vez del tiempo y el espacio que ocupan. Así pues, sin meternos demasiado en el tema podemos decir:

1.- A nivel atómico se ha dado y se da una transformación constante de los tipos de organización atómica con su consiguiente "complejización" o aumento del abanico de posibilidades químicas de la materia.

2.- Ya que el tiempo de evolución atómica es ostensiblemente superior a otros tipos de evolución (química, biológica, etc) podemos zanjar el tema partiendo de un estado actual de la materia atómica, pero sabiendo que éste estado es solo circunstancial y dependiente de unas coordenadas espacio-temporales coincidentes con las de la Tierra actual.

El único problema es que de esta manera parece "como si" el estado actual solo pudiese darse de la forma en la que lo conocemos. La figura nº 1.7 nos resume gráficamente estos procesos, según una coordenada temporal.

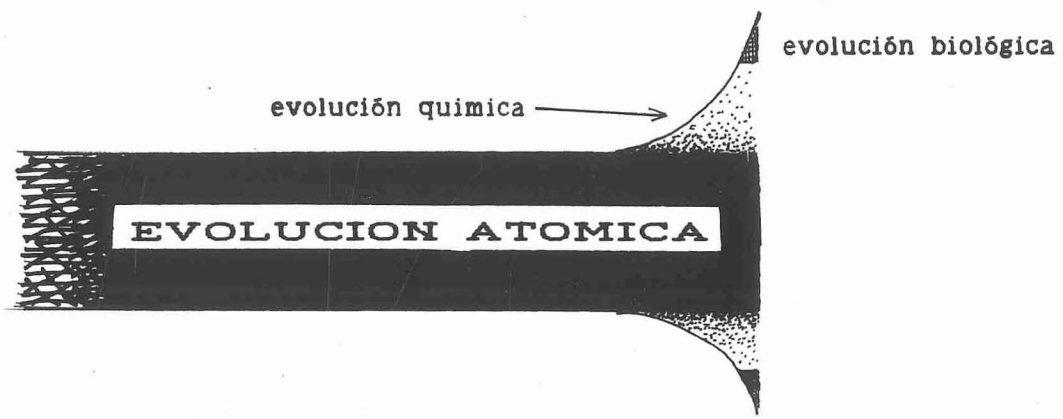


figura nº-1.7.- Esquema de elaboración propia

Ahora bien, ésto constituye lo que se llama "historia de la Tierra". Un encadenamiento constante de diversos tipos de evolución, que se van formando unos gracias al estado de los otros.

Corrosión, fundido, machacamiento, deformación, dispersión, trituración, refundición, expansión, etc, son las formas típicas en que la materia compacta se ve envuelta. La gravedad, los movimientos continentales, las corrientes de convención del manto, la temperatura y muchos mas factores, hacen que el estado de la materia a niveles

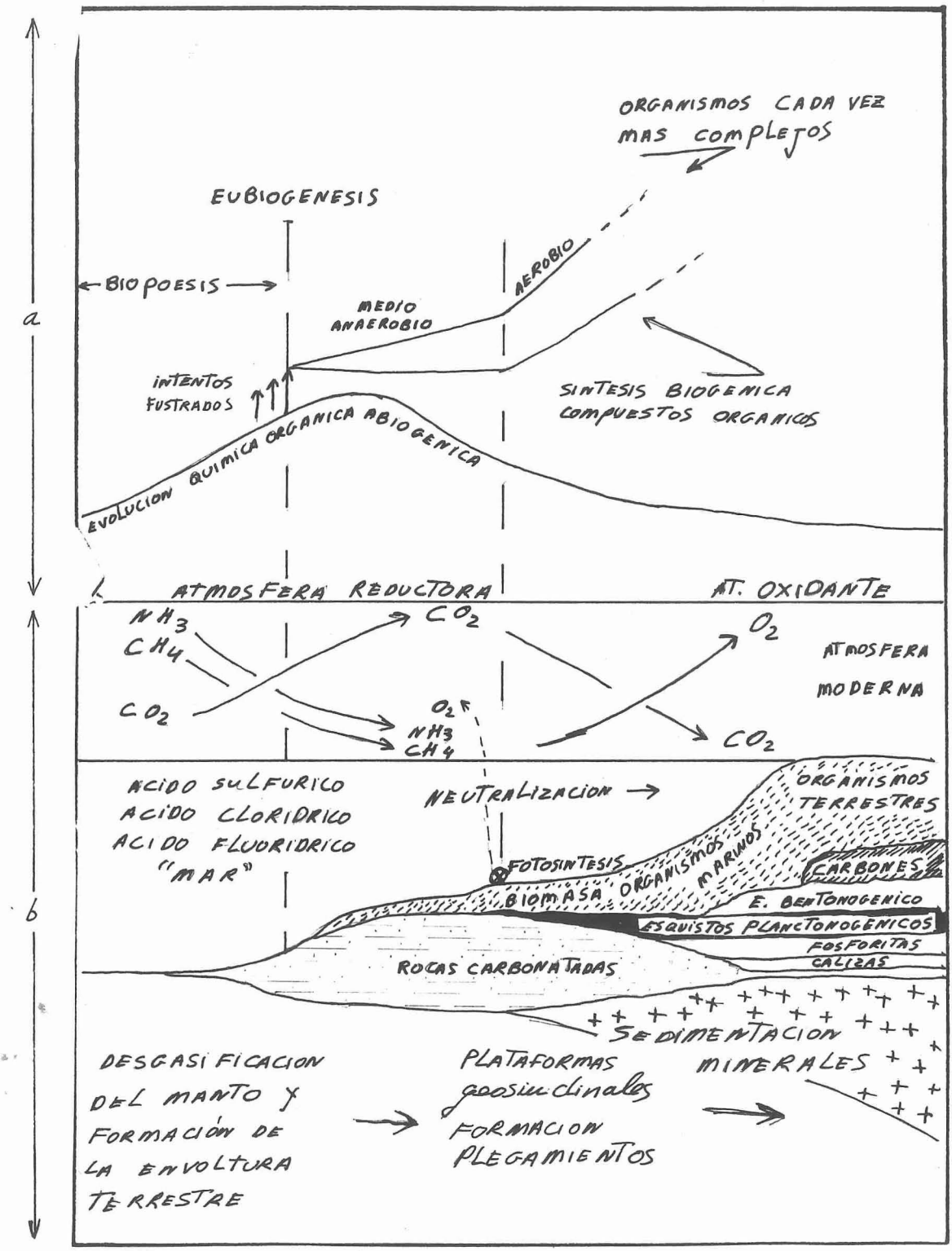


fig. nº 1.8.-correspondencias entre a) esquema de Keosian: 1964 p.88, y b) esquema de Smirnov: 1976 p.519)

macroscópicos, sea un producto de todas esas interacciones y circunstancias, distribuyendo espacialmente los elementos y cambiando continuamente de forma, lo que posibilita la transformación química y así mismo una cierta evolución en dichos cambios.

Pasemos pues a evaluar los cambios históricos mas significativos: tal como se ve en la figura nº 1.8 de la pagina siguiente, al menos cinco fases se suceden a lo largo del tiempo: azoica, arqueana, proterozoica-rifeica, paleozoico-cainozoica y postproterozoica. Las condiciones o el conjunto de estados entre la primera fase y la última, son altamente diferentes. Desde un estado de desgasificación de la litosfera, donde los mares son de ácidos fuertemente corrosivos y la atmósfera fuertemente reductora y rica en metano y amoníaco, hasta encontrarnos con zonas de precipitación de mineral sedimentaio, a causa de un mar neutralizado y algo alcalino, y una atmósfera fuertemente oxidante a causa del alto contenido de oxigeno, han pasado muchas cosas y mucho tiempo. El esquema habla por si mismo. Los cambios se suceden, y cada estado prepara y es base del estado siguiente.

Podríamos zanjar este nivel diciendo que el tiempo de evolución química es a su vez superior al de evolución biológica, pero en este caso no podemos decir que exista un estado actual exento de cambios significativos. Las transformaciones, aunque lentas (para el tiempo de un ser viviente) afectan de diversas maneras al mundo biológico, además en sentido recíproco, ya que los aportes de la biosfera van a ser materiales químicamente transformables. Quizás nos olvidemos que la vida en sí es un proceso químico, pero es necesario separarla tal

y como lo hemos hecho en el paso anterior (una transformación química también lo es atómica) para reivindicar cierta diferencia en cuanto a niveles evolutivos cualitativamente diferentes.

Este tercer nivel (biológico) tiene su origen precisamente en un estado químico, tal y como se ve en la figura de la pagina anterior, donde tanto la atmósfera, la hidrosfera y quizás el substrato del suelo contenían un alto porcentaje de hidrocarburos de naturaleza abiogénica. Oparin y Haldane, y posteriormente muchos otros, han podido sintetizar aminoácidos y otras sustancias básicas de la materia viva, haciendo saltar chispas en un medio supuestamente igual a la de las condiciones atmosféricas e hidrográficas de una cierta "sopa" existente en la Tierra. A partir de este momento la producción de hidrocarburos de naturaleza abiogénica disminuye (consumido por los seres vivos) y aumenta el biogénico.

Las condiciones actuales no son ni mucho menos aquellas, a las cuales la contribución mayor se debe a los propios seres vivos. Queda suficientemente claro en el esquema, que sobre todo la atmósfera y luego la litosfera son una creación de la materia viva. Pero a nosotros lo que debe interesarnos es el como los teóricos coacervados (ver glosario) han podido irse acomodando a todos estos cambios de su entorno. Pero antes, y para clausurar este punto, diremos:

1.-Que el entorno donde se van a hacer originales los sucesos biológicos estará en continuo cambio tanto por factores atómicos y químicos, como por los producidos por la materia viva.

2.-Que si bien los tiempos de una evolución atómica, química o biológica no se corresponden, no es menos verdad que radiaciones cósmicas, alfa, beta, U.V., etc (productos atómicos) aunque raros, su incidencia con la materia viva son tremendamente significativos.

3.-Que los cambios en la configuración y composición de superficie, mar y aire (productos químicos) van a ser "condiciones" de primer orden, en cuanto dificultades a superar por la cada vez mas compleja estructura viviente.

1.2.3.-Innovaciones biológicas: la emergencia.

Si bien hemos indicado que los dos mundos interactuan, no hemos dicho nada de la forma en que lo hacen. Si volvemos a mirar el esquema, vemos que durante millones de años, los constitutivos biológicos (que en última instancia son los mismos que los físicos), ya muertos van a ser objetos geologicamente evolucionables. Forman montañas, sedimentos, rocas, etc, como cualquier tipo de materia. También hemos dejado entrever que ésta no es la única forma de relación. Los millones de especies que constituyen el conjunto de los seres vivos, son un buen ejemplo de que tiene que existir otro tipo de relación, ya que de no ser así, sería impensable que de los coacervados iniciales se llegase a tal diferenciación. Pero aunque digamos que el entorno físico va a constituir una dificultad, esto por si solo tampoco es razón alguna, todo lo contrario, solo la muerte y la desaparición.

El hecho de que existan especies diferentes va a ser algo cuyo motor esté en ellas mismas, ya que desde el mundo físico no es

posible predecir tal diferenciación. Este proceso viene dado por la función general del conjunto de la materia viva, su capacidad de replicación, de hacer copias de sí misma.. Y es precisamente aquí donde se introducen dos aspectos que van a enriquecer notablemente las posibilidades de lo vivo: la probabilidad de que se den errores, o sea, el azar y la función cada vez mas activa (ahora si) del entorno ecológico. Así pues, tenemos cuatro variables:

1- Constante cambio del mundo físico.
2- El cambio, mediante azar, de la materia viva.
3- Un nuevo ser o una nueva especie, resultado de la interacción entre 1 y 2.
4- Interrelación entre 1, 2 y 3, que constituye un conjunto altamente complejo de elementos de dificultad.

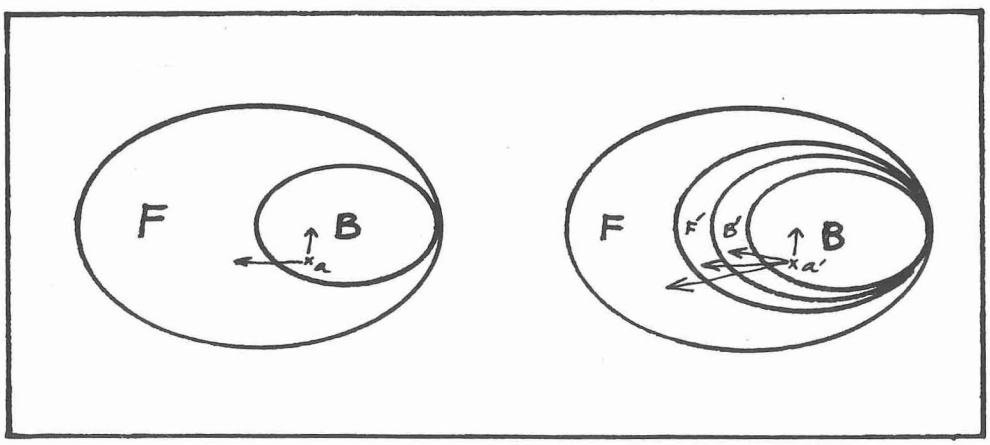


figura nº 1.9.- (Elaboración propia)

Como se ve en la fig. nº 1.9, la especie "a" tiene que enfrentarse a las dificultades de F y B, mientras en el conjunto de la derecha

tiene que hacerlo también con f' y b', nuevos elementos ecológicos puestos en juego. La presión selectiva difiere, claro está, con el tiempo a la vez que también con el espacio.

En el dibujo de la figura nº 1.10, cuando se da una mutación al azar, ésta va a tener que pasar por sucesivos controles. El primero, dentro de un entorno embrionario, donde se tiene que dar unas circunstancias mínimas para que se pueda dar el individuo. El segundo es un entorno ecológico, donde nos suponemos que el primer paso se ha

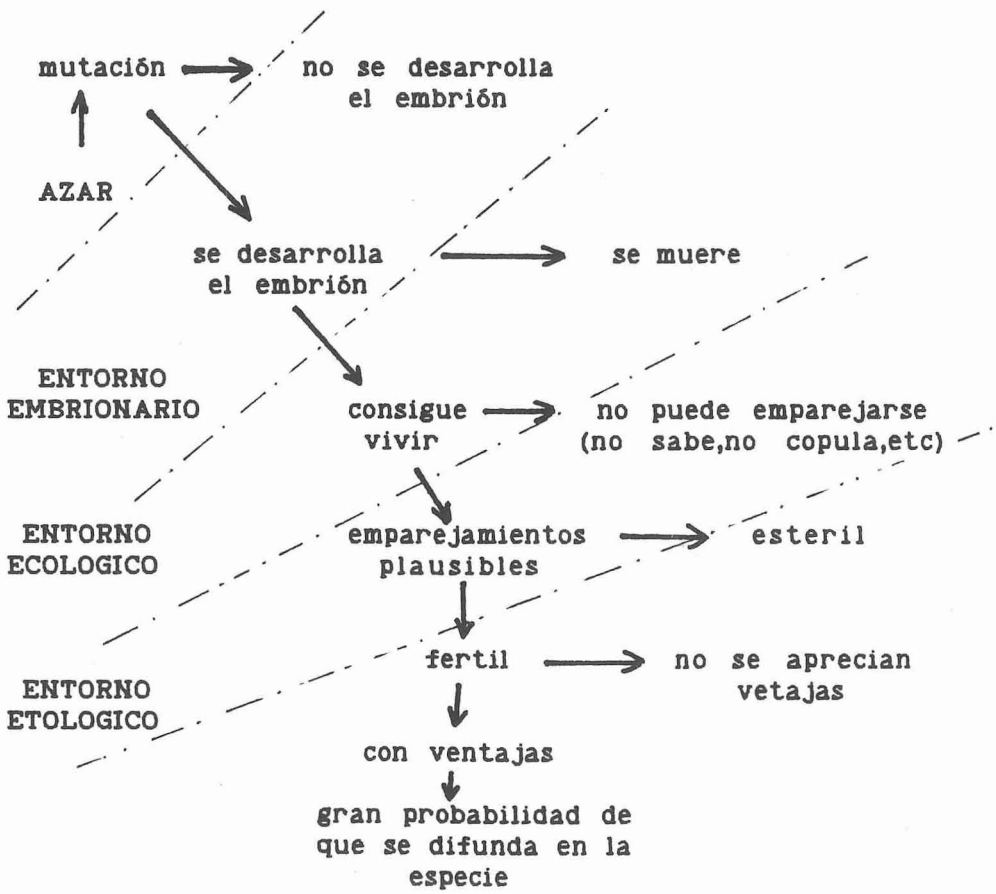


figura nº 1.10.-(esquema de elaboración propia)

superado y el individuo tiene que estar capacitado para superar las

condiciones ambientales. Si consigue vivir, un nuevo entorno se le presenta: el etologico, ante el cual tiene que tener las suficientes capacidades comunicativas, instintivas, o pautas de comportamiento para poder relacionarse con individuos de su propia especie. Aún así, tiene que darse la prueba de la fertilidad (la mayor parte de las mutaciones implican la esterilidad). Dado el nuevo ser, comienza a repetirse para él todos los controles mencionados. Si dicha mutación presenta un valor selectivo, existe un máximo de probabilidad de que se difunda rapidamente por toda la especie.

Este es el motor y de ésta forma es el como son significativas las condiciones o dificultades que se imponen al nuevo ser. Pero con éstos datos, difícilmente podríamos explicar los dos aspectos evolutivos que vemos en la naturaleza= las pequeñas adaptaciones y los grandes saltos evolutivos. Distingamos pues los dos tipos: la evolución adaptativa y la macroevolución. Sobre esto hay diversas controversias, que intentaré resumir:

Existe algo aceptado por todos y que se refiere a la existencia de mutaciones en la información genética, pero en lo que se difiere es en la interpretación y función de dichas mutaciones. En la página siguiente he resumido los diferentes tipos de alteración de dicha información (figura nº 1.11).

Las dos corrientes clásicas tienen como representantes a Lamarck y Darwin, siendo sus posturas muy diferentes en cuanto que uno

MUTACION PUNTUAL

MUTACIONES CROMOSOMICAS

DUPLICACION DEFICIENCIAS INVERSION

INTERCAMBIO ENTRE CROMOSOMAS

TRANSLOCACION SIMPLE TRANSLOCACION RECIPROCA

FUSION ROBERTSONIANA

FUSION DE ELEMENTOS ACROCENTRICOS = ELEMENTO METACENTRICO

FISIONES CROMOSOMICAS (DE TODD Y STATION)

RUPTURAS DE METACENTRICOS O TELECENTRICOS

MODIFICACIONES DEL GENOMA

HETEROSOMIA= El cariotipo gana o pierde uno o mas cromosomas
cariotipo (2n) ----> n-1= no se da
----> n+1= heterosomia

HETEROPLOIDIA= Hipoploidia (adquisición de uno o mas genomas suplementarios, 2n, 3n, 4n, etc.

SUPUESTAS MUTACIONES QUE PROVIENEN DEL EXTERIOR

TRANSDUCCION VIRICA

ECOPROTEINAS

figura nº 1.11.- (esquema de elaboración propia basada en la bibliografía del texto)

niega todo azar en la aparición de mutaciones, y el otro le da una función prioritaria en cuanto concede a la selección natural la facultad de escoger entre varias soluciones (dadas al azar) la mas favorable (necesidad).

Estas dos posturas llegan a nuestros dias enraizadas en corrientes tales como Neodarwinismo y Neolamarkismo, a la vez de aparecer otras nuevas, como la teoría neutralista. Tanto unas como otras tienen dificultades para explicar el conjunto de todos los problemas planteados por la diversidad de especies, en particular de casos raros y que son principalmente en los que fallan unos y otros (el ojo camerular del pulpo, el celacanto,etc).

Necesidad sin azar

Brevemente, necesidad sin azar se refiere a que lo viviente no es un producto arbitrario, sino que existe por una "causa final", por un camino preestablecido o una meta a la que tiende.

Para Grassé y Vandel (Ruffié: 1976 p.123) lo viviente lleva en sí mismo su poder evolutivo. La evolución se desarrollaría así, como un programa inmutable y necesario. *"Para otros, como Wintrebert, se adhieren a una a una teoría instuctiva. Consideran la adaptación como una reacción orgánica frente a exigencias exteriores: un conjunto de respuestas activas frente a estimulos ecológicos"* (Ruffié: 1976

p.123).

Para los neolamarkistas el origen de cualquier modificación en el entorno implica la aparición de nuevos genes, que siempre se forman de manera preferencial. Los genes no surgen al azar sino por un estímulo externo.

Apuntan así mismo ciertos problemas que no se pueden explicar por la teoría Darwiniana, basándose en ejemplos, tales como el hecho de ciertas especies que han perdido la capacidad de evolucionar, o que ocupan nichos ecológicos muy variados sin presentar la mas mínima tendencia a la evolución. Otros casos son aquellos en los cuales tendencias evolutivas parecidas corresponden a menudo a presiones selectivas distintas, como es el caso de la convergencia. También plantean el problema de que organismos dotados de la mas alta capacidad de mutación (caso de las bacterias) no son siempre los de mayor dinámica evolutiva. Pero estos casos, y muchos mas, no son resueltos por los neolamarkianos tampoco.

Azar sin necesidad.-

En el punto extremo se encuentran los neutralistas (Crow, Yamasaki, Maruyama, Kimura, Jacquard, Ewans, Fieldman, etc). Para ellos las mutaciones no tienen ningún valor selectivo; el azar desempeña un papel esencial en el reparto y el futuro de los genes. Ruffié nos resume su modelo: "*una mutación tiene una cierta probabilidad de difundirse (aunque sea desfavorable) e incluso sustituir a los demás alelos, a condición de que surja en una población de efectivos*

reducidos. Esta probabilidad es ligeramente superior para una mutación favorable...una selección que afecte, simultáneamente a una cantidad elevada de locus (tal como explica el darwinismo) sería incompatible con la vida". Mas adelante continua *"...las substituciones (cadenas peptidicas durante la evolución) tienen lugar de forma regular en el tiempo, cualquiera que sea la línea considerada. Por lo tanto la evolución bioquímica está dotada de una cierta velocidad"*(Ruffié 1976 p.136), cosa que vuelve a reiterar en el caso de las cadenas de hemoglobina cuando dice *"...los dos péptidos (cadenas humanas como las de los demás vertebrados) divergen al mismo ritmo que en líneas distintas, lo que pone en evidencia el azar en la evolución de las cadenas. Si la presión selectiva tuviera algún papel habría dado lugar a un ritmo de transformaciones a saltos, que corresponderían a las grandes modificaciones ecológicas acaecidas a lo largo de la historia del mundo. La selección sería el guardián, un protector de las mutaciones demasiado nocivas."* (Ruffié, 1976 p.137).

Todas estas consideraciones se basan en el hecho de que interpretan el polimorfismo de lo viviente en la circunstancia de que la mayoría de los genes tienen que ser neutros, ya que de no ser así la mayoría de los individuos serían inviables. Otro de los argumentos es el de la lentitud de la fijación de una mutación nueva, si partimos de los cálculos de Haldane, sospechando que una especie nueva no tendría posibilidades de aparecer jamás.

Azar y necesidad.-

Este esquema es el mas conocido de todos. Es también el mas sencillo de aceptar, ya que no impone posturas extremas como las dos expuestas, si bien implica una carencia de "causas finales" que tanto suelen gustar a los humanos y que siempre son motivo de discusión.

Quizás sea J. Monod el que mas ha influido en su difusión y popularidad, con su libro "el azar y la necesidad". Tanto para éste como para el resto de los neodarwinianos, los genes que suponen alguna ventaja para su portador tienen mas posibilidades de ser transmitidos a las generaciones siguientes y de ser ampliamente difundidos. Se denomina valor selectivo a esta medida de la eficacia reproductiva de un gen o de un genoma (conjunto de genes de un individuo). Así, para Ruffié, el esquema neodarwiniano implica: (J.Ruffié 1976 p.47-48)

1.-un cierto polimorfismo genético. Una línea absolutamente pura no ofrecería ninguna posibilidad de selección diversificadora. Las probabilidades que tiene una mutación de durar, extenderse o desaparecer, dependen de su aspecto "favorable" o "desfavorable" (es decir, de su valor selectivo) pero también del azar. La mutación puede ser positiva o negativa, creativa o destructiva.

2.-el esquema neodarwiniano implica un cierto aislamiento biológico.Si la población recibe de forma regular, por mestizaje, genes de poblaciones vecinas, la diferenciación genética puede resultar larga o incluso imposible.

3.-implica dificultades ecológicas singulares permanentes ...la duración de la selección varía según la rapidez de reproducción de la especie..cuando mas duro sea el medio, y por lo tanto, mas fuerte la presión selectiva, mayor será la adaptación, puesto que el resultado de ésta acción consiste en "fabricar" individuos cada vez mas adaptados.

Estos breves resúmenes de las tres corrientes nos dan pié para darnos cuenta de la dificultad en posicionarnos por una o por otra. Todas, en general, parecen tener razones suficientes para ser postuladas, a la vez de tener errores suficientes para dudar de su efectividad a la hora de explicar todos y cada uno de los estados en los que se encuentra cada especie en particular. De todas formas, no es fácil continuar este trabajo partiendo de la teoría neutralista, sobre todo si queremos hablar de cosas tan concretas como el sistema visual, o la evolución del sistema nervioso. Con el neolamarkismo ocurre todo lo contrario, sería demasiado fácil, estaríamos constantemente hablando de una "inteligencia innata en la materia" o de un "fin ,causa final, intención o función teleológica de la materia viva, o de la visión, o del psiquismo". La que se adecua mejor al esquema que estoy desarrollando, es la visión neodarwiniana de la evolución, ya que me facilita el trabajo, a la vez que me propone un método.

Microevolucion.-

En la figura nº 1.13, en páginas siguientes, se ven, por un lado, las dos ramas divergentes (vegetal/animal) y dentro de cada una de ellas las múltiples ramificaciones que se concretan en la totalidad de las especies existentes. Este esquema nos proporciona parte de la historia de la materia viva (aquella que se conoce y se puede deducir) . No se nos presenta como una simple distribución ordenada de especies sino como una sucesión temporal de acontecimientos cada vez mas complejos que se concretan en especies así mismo complejas.

El proceso evolutivo es claramente temporal ya que unas basan su estado superior en el estado de su precedente.

Estos cambios no son evidentes por sí mismo y tienen que ser deducidos. Lo que sí está claro es la diferencia entre las dos formas de evolución: una que explicaría la diversidad dentro de un mismo grupo, y la otra los saltos evolutivos y la creación de nuevos phylums, grupos o lo que sea.

Sea como fuese, si partimos de una población en la que se den las tres implicaciones neodarwinianas (polimorfismo, aislamiento biológico y dificultad ecológica) seguimos sin saber como puede evolucionar una especie en concreto.

Ruffié recoge tres factores de aislamiento, que en cierta medida frenan o bloquean la posibilidad de intercambios constantes de genes entre los distintos individuos y que devienen subgrupos de reproducción, o sea, diferentes poblaciones: (Ruffié: 1976 p.22-23)

1.-aislamiento geográfico (la orografía puede impedir la deriva de genes)

2.-aislamiento etológico (el comportamiento impide la copulación)

3.-aislamiento citogenético (modificaciones cromosómicas aíslan sexualmente)

Si aplicamos éstas tres condiciones, el resultado, tal y como

podemos ver en el esquema de la figura nº 1.12, es la adaptación, que puede implicar un empobrecimiento del phylum o una especialización.

MICROEVOLUCION

FASES	CARACTRISTICAS	MEDIO
Fase de juventud	Individuos no especializados	No ligados estrechamente a ningún medio
Fase de expansión y conquista (la forma ancestral puebla todos los medios	Adquisición o transformación de algún órgano capaz de asegurar una función indispensable en el nuevo ambiente	Puebla todos los medios con multiples formas adaptativas
Fase de senetud	Individuos demasido especializados.Entra en regresión. El Phylum se empobrece	No se pueden enfrentar a un cambio ecológico. Es sensible a las modificaciones del entorno

figura nº 1.12.-(elaboración propia según textos de Ruffié 1976 p.26-29)

Queda bien claro que por este camino no hay posibilidades de explicar los saltos evolutivos, sí en cambio, la evolución diversificadora. Así pues todo grupo vivo es el balance entre el pool genético, que le ofrece potencialidades y una dificultad ecológica cuya acción permanente favorece la difusión de ciertos genes y obstaculiza la de otros.

Pero hay otro dato que debemos de recordar. Al aparecer una dificultad ecológica, hay posibilidad de que genes no expresados

(olvidados, recesivos, etc) pasen a actualidad, a ser útiles, lo cual es posible que no sea necesario esperar a que el azar (las mutaciones) hagan presencia. Esto nos tiene que hacer pensar que una especie cuanto mas heterocigótica sea, mas probabilidades tendrá de acomodarse a diferentes medios, ya que portará "reservas de información".

Macroevolución o Tipogénesis.-

Paralelamente a todo esto, existen ciertas peculiaridades en los embriones de las especies que hacen sospechar que existe alguna relación evolutiva entre ellas. Dentro de un mismo Phylum o incluso entre Phylums, la forma inicial del embrión es casi la misma, diferenciándose a lo largo de su desarrollo. De aquí se pueden barajar múltiples conjeturas. Una de ellas tiene que ver con la especialización. Si la evolución adaptativa suprime o atrofia, cabe sospechar que existe algún mecanismo "rejuvenecedor" que explique el porqué de las especies jóvenes, y la verdad es que hay suficientes datos para pensar que ciertos saltos evolutivos se pueden corresponder con dichos procesos o "saltos hacia atrás" pero que posibilitan una reorganización genética nueva donde pueda entrar (o que pueda estar causada por) una mutación innovadora.

Para Albert Vandel (Ruffié: 1976 p.143) la mutación crearía un cierto desequilibrio que es utilizado por el organismo para innovar. Estaría dentro del marco de los fenómenos epigenéticos (aparición de estructuras y de propiedades nuevas durante la embriogénesis). Estas

tienen como resultado conducir al mutante hacia los limites de un adaptabilidad fisiológicamente aceptable.(en Ruffié,82)

Dada la nueva especie, tendrá que pasar por las tres fases del esquema de la fig. nº 1.12. Esto se cumple en todos los ordenes y niveles.

Ahora bien, la tipogénesis se traduce constantemente en un desarrollo progresivo del sistema nervioso, que tal y como dice Jacques Ruffié (1976 p.51) es extensible a todos los grupos zoológicos, de los protistas al hombre. Y todo progreso en el sistema nervioso es también un progreso en todo subsistema sensorial y etológico. Cabe pués preguntarse en que medida se ha evolucionado y cuales son esas innovaciones. Y particularmente las del sistema visual, que es lo que nos interesa.

Pero no es el lugar para explicar todas las caracteristicas evolutivas, sino mas bien resumir las constataciones mas importantes y mas generales. Y el primer paso es observar el esquema de la fig. nº 1.13. Tres son las direcciones mas importantes de la evolución de la materia viva. Una está dada por las plantas mono y dicotiledóneas, que representa el estado mas avanzado de la fijación al suelo y del desarrollo de las superficies foliares. La segunda dirección la constituyen los artrópodos, siendo sus representantes mas modernos , las abejas y las hormigas. La tercera dirección somos los vertebrados y culmina con los mamíferos primate, al que pertenece el hombre.

El camino escogido por el reino vegetal está claramente en oposición al animal. Aunque aparentemente existan "asociaciones" de árboles, es mera apariencia. Solo tenemos que compararlo con las asociaciones de las hormigas o de las abejas para ver que lo lazos orgánicos entre dichos individuos hacen que la comunidad funcione como un "todo" único, y esto si que confiere ventajas que no aportan individuos aislados (ver J.Monod: 1972 p.120). La socialización pa-

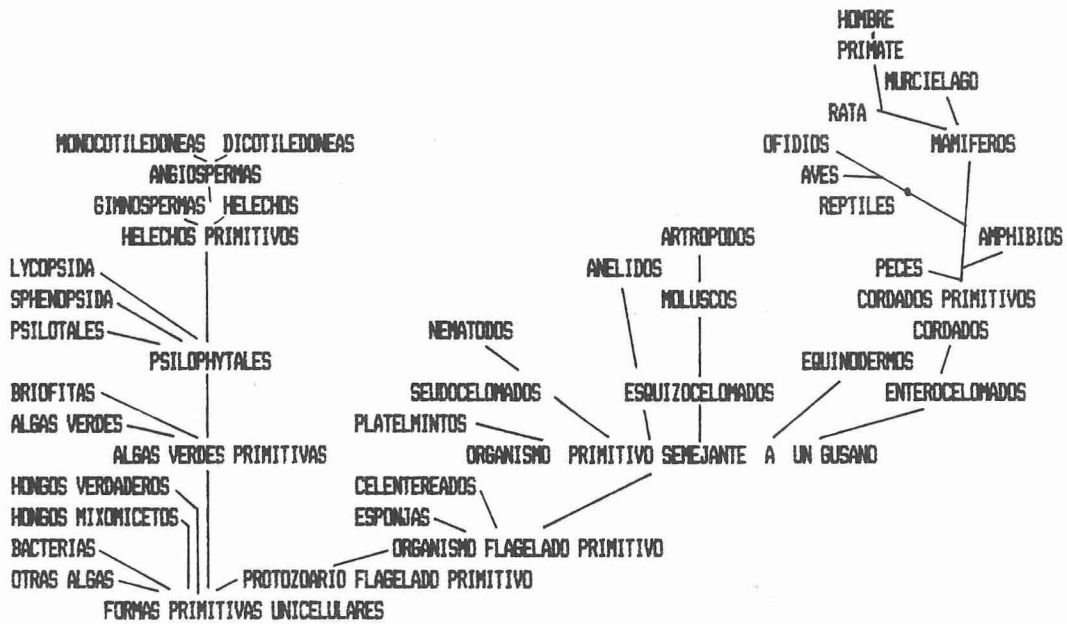


figura nº 1.13.- (elaboración propia)

rece ser la última adquisición del mundo animal, pero claro está, tiene que corresponderse con una evolución del sistema nervioso. Por un lado, tiene que presentar un mayor valor selectivo y por el otro tiene que haber aportado suficientes lazos de unión para que se

pueda dar. Me refiero a que tienen que darse unos sentidos mas complejos, a la vez que unas estructuras neurales que coordinen el comportamiento, comunicación y quizás un estado mas avanzado de plasticidad en cuanto a las pautas de comportamiento o de aprendizaje.

Con esto, aunque breve, podemos hacernos una idea de lo que implica la macroevolución y como se relaciona con la microevolución. Hemos dicho que estos constatan una tendencia hacia el psiquismo, pero claro está, no podemos pararnos a describir la forma en que han ido evolucionando. Valga como resumen los esquemas de la fig. nº 1.14, donde se puede visualizar el paralelismo entre la complejidad del sistema nervioso y sus potencialidades asociadas (sobre esto volveremos a hablar en la segunda parte, cuando tratemos sobre los sucesos neurales).

La evolución de los órganos sensoriales es inseparable de la evolución del sistema nervioso.-

En éste punto, tendremos que retomar y darle la razón a J.Alsina, puesto que las capacidades potenciales que describimos en el punto anterior, y que recuerdo aquí (sensibilidad, discriminación y localización) nos son ahora valiosas.

No debemos (y esto se clarificará mejor en otro capítulo) dejarnos impresionar por las diversas sofisticaciones que los órganos visuales han adquirido a lo largo del tiempo. El órgano visual es al fin y al cabo una extensión del cerebro (red nerviosa, ganglios, etc)

EVOLUCION DEL SISTEMA NERVIOSO Y SUS POTENCIALIDADES ASOCIADAS

utilización directa del caos molecular sin un intermediario claro entre la recepción y sus productos o sucesos biológicos.

VEGETALES

reacciones de crecimiento (tropismo), reacciones de turgencia, pigmento sensible (fitocromos), hormonas vegetales.

adquisición de un cierto orden, intermediario entre el caos, elementos exteriores y productos-sucesos biológicos

AMAEBA
PARAMECIUM
ETC.

respuesta al contacto de un objeto extraño no cometible alejandose de él. sistema sensoriomotor, reflejos condicionados y un cierto adistramiento.

separación real entre función receptora y conductora. Celula nerviosa mas primitiva

MEDUSA
CORAL

redes nerviosas
cambios de especialización
esbozo de SNC
neuronas aferentes y eferentes

HIDRA
PLANARIA
NEREIS

centros de control

MOLUSCOS
GASTEROPODOS

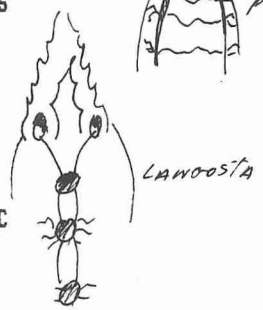
centro superior muy complejo

PULPO
CALAMAR

aprenden a distinguir figuras geométricas y adquisición de reflejos condicionados. Instinto muy desarrollado

sistema nervioso totalmente desarrollado. Cerebro y dos cordones nerviosos

ARTROPODOS
CANGREJOS
LANGOSTAS
INSECTOS, ETC

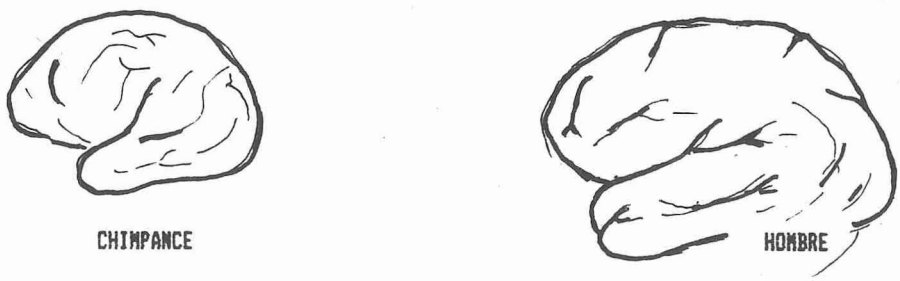


construcción de sociedades (abejas, hormigas, termitas). Utilización de esquemas de comportamiento muy complejos. Medios de comunicación precisos.

especialización
ensanchamientos
-prosencéfalo
-mesencéfalo
-metencéfalo
protuverancias
diferenciación

PISCES AMPHIBIA REPTILIA

AVES RODENTIA CARNIBORA MACACO



CHIMPANCE HOMBRE

(como complemento a este esquema, ver figura nº 2.1). Los dibujos de los vertebrados estan basados en los dibujos de D.H.Hubel, 1979)

figura nº 1.14

y la forma es muchas veces equívoca.

Sensibilidad, discriminación y localización son potencialidades que no se deducen de la forma del órgano, sino del uso que de él hagan sus portadores. El uso (su utilización) siempre tiene una manera de manifestarse y esto constituye lo que se llama etología. El uso, o sea, la elaboración de la información exterior, es inseparable de las pautas de comportamiento (aunque, tal y como veremos en los capítulos siguientes, podamos dividir la percepción en múltiples secuencias o "sucesos", su existencia solo es pensable como un "todo"), y en esto el órgano visual, si lo tomamos por su apariencia, (nemotécnicamente, como una cámara oscura) es simplemente una cloaca de energía.

Por ejemplo, si a una araña (por casualidad, por transducción vírica, o por ejemplo) portase un órgano visual como el nuestro, probablemente no ocurriría nada, ni constituiría ninguna ventaja selectiva, sino todo lo contrario...ya que sus pautas de comportamiento se volverían locas al no corresponder los patrones visuales con los patrones o imágenes para los cuales ha evolucionado. Tendría que tener, para que constituyese alguna ventaja, capacidad de aprendizaje para poder interpretar la información visual, incluso para poderla simbolizar o incluirla dentro de su conducta. Si nuestra araña pudiese hacer eso, no sería una araña, sería otra cosa (esta es una manera de "reducción al absurdo"). Por eso podemos ir diciendo de que existe un ojo para cada cerebro.

Pero un ojo de la categoría de los vertebrados (aquí incluimos a la retina) es altamente sofisticado ya que implica un cierto nivel de "orden" retiniano que por azar es totalmente imposible de que se dé, y tiene que ir emparejado o relacionado con la trama neural, que tal y como dijimos, es quien va a hacer uso de él. La mutación puede hacer modificaciones en uno u otro pero es mas plausible que dados unos grandes cambios en la trama neural, se haga mejor uso de él, ya que se puede admitir que las potencialidades de cualquier ojo solo son mínimamente usadas. A la inversa podríamos decir lo mismo, pero solo en el caso de que el individuo tuviese un sistema nervioso suficientemente plástico, y en este caso una innovación ocular podría estructurar mejor la información que le llegue, y así constituiría una mejora selectiva, pero la plasticidad ya de por sí es algo que se consigue a niveles evolutivos superiores, con lo cual estamos cayendo en un dilema. Ahora bien, existen mínimos, y una regresión en un sistema visual se traduciría inevitablemente en una desventaja, incluso (según la especie) la aniquilación del cerebro, al no poderse desarrollar ningún otro de los sentidos.

Ahora bien, vamos a ver como podemos precisar el significado de la frase: ventaja selectiva. A niveles muy generales y en especies muy simples, es sencillo saber lo que es ventajoso y lo que no. Siempre se habla de la adquisición o mejora de algún órgano que en cierta medida posibilite dentro de unas condiciones ecológicas dadas, una forma mas llevadera de enfrentarse al mundo. Hemos indicado mas atrás que la socialización es una ventaja selectiva, pero si miramos

a nuestro entorno vemos miles de especies muy individuales que por el simple hecho de existir constatan "ventajas". Lo que no cabe duda es que en una colmena existen obreros, soldados, reina, etc, que sin el intermediario social perecerían, lo cual demuestra que al menos para ellas es un beneficio, a la par de posibilitar incluir dentro de ese marco "futuras mutaciones", cosa que no ocurre en especies no sociales.

Pero también tenemos que recordar que todo ser vivo es por su propia constitución una estructura energética abierta, que se cierra siempre con parte de su mundo circundante exterior a él mismo. Digamos que un coche es impensable sin gasolineras y ésto mismo ocurre con la materia viva. No existe especie autosuficiente ni nunca ha existido.

Tiene que haber pués un encadenamiento trófico entre todas las especies, desde los vegetales, cuya alimentación es directa con la materia, hasta los humanos (mamíferos) que nos alimentamos del resto de lo vivo. Quien regula los lazos del ser viviente con su alimento es, así mismo, la etología. Pero a su vez, esta ciencia se encarga de estudiar los lazos que hacen posible la replicación. Así pues, varias son las funciones que tiene que cubrir toda pauta de comportamiento, al menos las mas preferenciales. Y es precisamente el sistema nervioso el encargado de proporcionar dichas estructuras, donde los sentidos juegan un papel fundamental en cuanto reconocimiento del mundo exterior (a la medida de sus necesidades).

Así pues, el sistema visual entrará dentro de unos esquemas que "extiendan" al ser vivo por su entorno, reconociendo aquello que le es de vital importancia, interpretando aquello que necesita, atacando o huyendo según estímulo. Pensado así, el entorno percibido,, el comportamiento y el ser vivo forman un "todo", un organismo susceptible de ser analizado como otro cualquiera, en constante competencia con otros organismos similares o mas complejos. La exitosidad de la competencia vendrá dada por la capacidad de reconocer e interpretar la información del medio. El soporte que va a hacer posible nuestro "suceso físico visualmente implicado" tiene su nacimiento, desarrollo, justificación y conclusión mismamente aquí. Veamos pués cual es el tipo de entorno donde va a estar inmerso, despues de hacer un resumen de las características apuntadas hasta el momento.

1.2.4.-PRIMER RESUMEN: Objetivaciones sobre la materia: enunciado de los niveles emergentes

Ya que esta primera parte se pierde un poco en la generalidad, se hace urgente aislar algunos puntos importantes.

De esta manera, si partimos de $\mathbb{F}$ como el conjunto de todo lo que es, o sea, de los sucesos físicos, difícilmente podemos mantener que "algo nuevo" se pueda dar, si no definimos otro conjunto $\mathbb{P}$ de todo aquello que no es, o sea, de todos los sucesos posibles de $\mathbb{F}$.

Ahora bien, aunque no conozcamos ni existan los elementos de $\mathbb{P}$, sí sabemos que ciertos sucesos $a \in \mathbb{P}$ en un tiempo t, son $a \in \mathbb{F}$ en t'. Dado que no podemos saber (tal y como vimos cuando hablamos de la postura atomista y de la Aristotélica) si $\mathbb{F}$ tuvo en algún tiempo t, elemento intrínseco (o sea, que no proviniera de $\mathbb{P}$) lo mas lógico será poner al menos uno, la causa inicial (aunque sea como "estado inicial mas probable") de la que proviene el estado actual.

Visto así, podemos definir a $\mathbb{F}$ y $\mathbb{P}$ como sistemas interdependientes, tal que:

1)todos los elementos de $\mathbb{F}$ han sido alguna vez de $\mathbb{P}$

2)ciertos elementos de $\mathbb{F}$ no son de $\mathbb{P}$ (o sea, dadas en $\mathbb{F}$ unas condiciones tal que $\mathbb{P}$ haga ocurrir un suceso "a" en $\mathbb{F}$ en un tiempo t, hay certeza en afirmar que algunos sucesos hacen imposible que se repita dicho suceso "a" en t'. Por contra, dicho suceso "a" puede mantener su existencia como objeto físico por tiempo indefinido, aún habiendo desaparecido la posibilidad de que dicho suceso ocurra (la vida sigue, aún que no exista en $\mathbb{P}$ la probabilidad de que se repita el suceso: aparición de la vida).

3)ciertos elementos de $\mathbb{F}$ son también de $\mathbb{P}$ (o sea, sucesos físicos que se repiten evidencian la coincidencia entre lo que sucede y la probabilidad que tiene de suceder).

Otra característica es el hecho de que tanto $\mathbb{P}$ como $\mathbb{F}$ están en constante cambio, ya que $\mathbb{F}$ recibe los aportes de $\mathbb{P}$, y $\mathbb{P}$ crece exponencialmente ante el incremento de $\mathbb{F}$. Claro está, esto nos llevaría a pensar que crecerían hasta el infinito, y como bien sabemos, esto no ocurre. Tenemos que introducir otra variable, de la cual ya hablamos anteriormente: los diferentes tipos de tiempos, por los cuales, tanto la evolución atómica, como la química o la biológica, discurren.

Si dentro del sistema $\mathbb{F}$, existen sucesos cuyas relaciones con el tiempo son diferentes, dispares o incluso excluyentes, no nos cabe ni la menor duda de que existen diferencias cuantitativas, cualitativas y probables dentro de dicho sistema, en un tiempo t. Según la cualidad de un suceso dado (o sea, $\mathbb{F}$), $\mathbb{P}$ puede aumentar, mantenerse constante o disminuir.

Habría que hacer todavía mas constricciones, pero a nosotros lo que debe importarnos es hacer una en especifico, que es la mas urgente: colocar a $\mathbb{F}$ y a $\mathbb{P}$ en unas coordenadas espacio-temporales coincidentes con las nuestras.

En estas condiciones se puede dar el siguiente paso:

DEFINICION 1.3.-Dado un estado de sucesos en $\mathbb{F}$, llamaremos EMERGENCIA al paso de $\mathbb{P}$ a $\mathbb{F}$ de cualquier tipo de suceso cualitativamente distinto de dicho estado de $\mathbb{F}$.

De esta forma podemos entender como estados, sistemas, niveles etc, emergentes , como a aquel tipo de agrupación que hagamos con sucesos que: dada una emergencia en un tiempo t, se den sucesivos aportes en $\mathbb{F}$ de sucesos similares en otros tiempos t'.

Todo suceso solo puede ser una repetición de lo hay o una innovación, o sea, una nube puede moverse de aquí para allá, precipitarse en forma de agua, oxidar el hiero o ionizarse. En cada uno de estos estados se dan acontecimientos atómicos y químicos, ya que las moléculas interaccionan, chocan, se repelen, se generan estados cristalinos, etc, pero no hay suceso biológico alguno, aunque sí ha habido diferentes pasos entre niveles emergentes. Así, cuando ocurre un suceso biológico, están presentes, por necesidad, los niveles inferiores y sólo será biológico si ocurren sucesos dentro de ese nivel en especifico.

Pero la disposición espacial de dichos niveles no pueden ser arbitrarios ya que para que se den sucesos en el último nivel tiene que existir una contextura y una estructura que facilite un encadenamiento causal entre todos ellos. De esta forma, todo ente vivo es una reproducción de $\mathbb{F}$, con unas restricciones especificas en $\mathbb{P}$, tal que se den en $\mathbb{F}$ sucesos $\mathbb{B}$. Por lo tanto, estamos hablando de lo biológico cuando nos referimos a $\mathbb{B}$.

Las restricciones en $\mathbb{P}$ se deben, claramente, a la necesidad de que todo proceso físico-químico suceda dentro de unos limites determinados para mantener la existencia de $\mathbb{B}$. Toda innovación en estos niveles, si no está contenido en P(b), hace desaparecer a $\mathbb{B}$. $\mathbb{B}$ es un lujo, una CATEGORIA que solo ocurre en determinadas condiciones, y son estas los que hacen que en los niveles inferiores (dentro de una contextura de $\mathbb{B}$) ocurran sucesos restringidos.

Este control se consigue gracias a la estabilidad que en relación a los diferentes tiempos, tienen la evolución atómica, química y biológica. Es mas probable que un suceso atómico se repita fielmente en unas condiciones dadas, que uno químico, bioquímico o netamente biológico, según un orden de menor a mayor en la intervención del azar, o indeterminación.

Vista la dependencia que tiene **B** con respecto a **F**, diremos:

1) Sea **B** el conjunto de todos los sucesos dados en **F** cuyas características generales son:

   -que existe un $(B_{0,1}; B_{0,2}; \ldots B_{0,n})$, $(B_{1,1}; B_{1,2}; \ldots B_{1,n})$; $\ldots(B_{n,1}; B_{n,2}; \ldots B_{n,n})$ para unos tiempos $t_1, t_2, t_3, \ldots t_n$, al que denominaremos <u>historia</u> y <u>evolución</u> de **B**.

   -Si b_{n-1} antecede a b_n, se sigue que b_n procede de b_{n-1} por simple <u>replicación</u> (tal y como vimos en 1.2.3.). Con lo cual es característica general de los elementos de **B** su desigualdad, cosa que no ocurre con los atómicos ni químicos, donde dos electrones o dos moléculas de una misma sustancia, son siempre idénticas.

   -Si las relaciones son de semejanza, no de identidad, podemos decir que es una propiedad de **B** la innovación, al presentar cada elemento variaciones con respecto a los demás (regresiones, micro y macro emergencias, etc) constatadas en su micro y macro evolución .

2) Es propiedad general de **B** su contextura con otros elementos de **F**, evidenciados por los siguientes puntos:

   -la estructura biológica de un elemento b no reduce a un solo contexto todas las propiedades de sus partes, o sea, a **B**, como bien pudiera serlo un ente ideal autosuficiente, sino que extiende sus relaciones mas allá de sus límites y entran a formar parte de complejos ciclos, cadenas, que nada tienen que ver con b.

   -son casos típicos:

      a) los ciclos del carbono, oxigeno, amoníaco, nitrógeno, etc.
      b) las cadenas tróficas, los hábitat, los entornos ecológicos.
      c) los entornos etológicos, los productos de la interacción etológica, etc.

Ahora bien , ya que hablamos de cambio, innovación, emergencia, etc, tenemos que precisar un poco dichos términos y darles un contenido mas preciso. Así, ¿que quiere decir que algo ha cambiado?. Para poder

responder es mejor ir por pasos, y lo mas evidente, lo mas a "groso modo" es decir que todo cambio tiene algo que le antecede, o sea, que puede ser una causa. O lo que es lo mismo, que todo cambio es un "efecto" producido por una causa. Pero tal y como nos especifica G. Bacca (G.Bacca: 1961 p.14) siempre que se da una relación de causa-efecto es bajo la condición de que se den varios tipos de dependencia del efecto con respecto de la causa. A saber: la adquisición de cierta realidad; el estar hecho a la imagen de la causa; el estar hecho por la causa y para ella (para su beneficio, por ejemplo); y que cuando la causa desaparezca, también lo haga el efecto.

Es lógico que si intentamos buscar una causa o un efecto donde se cumplan estas condiciones difícilmente lo haremos en el mundo físico o en el biológico, ya que suena a intervenciones humanas... "*no basta con hacer algo, es menester que ese algo esté hecho según algún proyecto o plan que tengamos por dentro, y todavía será más efecto nuestro cuando, demás de un plano y proyecto según el cual la cosa producida surja al ser, hagamos que lo producido sea un simple medio para nuestro fin*" (G.Bacca: 1961 pag. 15). Si por el contrario, en vez de causas y efectos hablamos de cambios de estados y antecedentes, ya no es necesario (tal y como se sabe desde el renacimiento) que dicho cambio sea semejante a la causa y para la causa.

Efectivamente, los sucesos físicos solo son, o tienen como cota, el cambio de energía (química en calorífica, eléctrica en mecánica, etc) pero con la salvedad de estar regida por el principio entrópico de que la suma total de las energías del universo es una constante.

De esta manera, y siguiendo a G. Bacca, en el mundo físico "nunca ocurre nada", o mas finamente, que no existen ni causas ni efectos y donde todo está perfectamente determinado. ¿Que quedan de nuestras afirmaciones sobre que el "cambio constante" es el que genera la innovación?. Ocurre que en ciertas zonas del cosmos, aún queda energía para poder causar, esta es la razón por la cual en la tierra (las coordenadas espacio-temporales a las que me he referido constantemente) todavía ocurren cosas a este nivel. Por lo demás, el dominio físico se nos muestra como "**fondo inmutable**", sobre el que resaltan, por contraste, los cambios e innovaciones.

De esta manera, según sean las relaciones causales, o de cambio de estado, etc, así serán las referencias, y de ahí la manera en que construyamos los niveles en los cuales poder agruparlos. Existen ciertos problemas para esquematizar gráficamente estos niveles ya que la emergencia y evolución se da en todos ellos y en múltiples direcciones, lo que implica, a la hora de representarlos, problemas topológicos (el espacio plano del papel o el ficticio de las representaciones tridimensionales son insuficientes) e incluso conceptuales (nuestro obcecamiento y necesidad en ver "representaciones mentales" induce corrientemente a errores de concepto). De todas formas, nos vale con saber que existen, por un lado una acumulación de propiedades nuevas, constatadas en la existencia de seres (en el plano biológico) cada vez mas complejos, así como sus contexturas (poblaciones, ecosistemas, etc). Por otro lado, Popper (Popper: 1977 p.xxx) nos ofrece una lista en la cual y sin carácter exhaustivo, se denotan siete niveles, tales como: 0) el del Hidrógeno y el Helio; 1) el

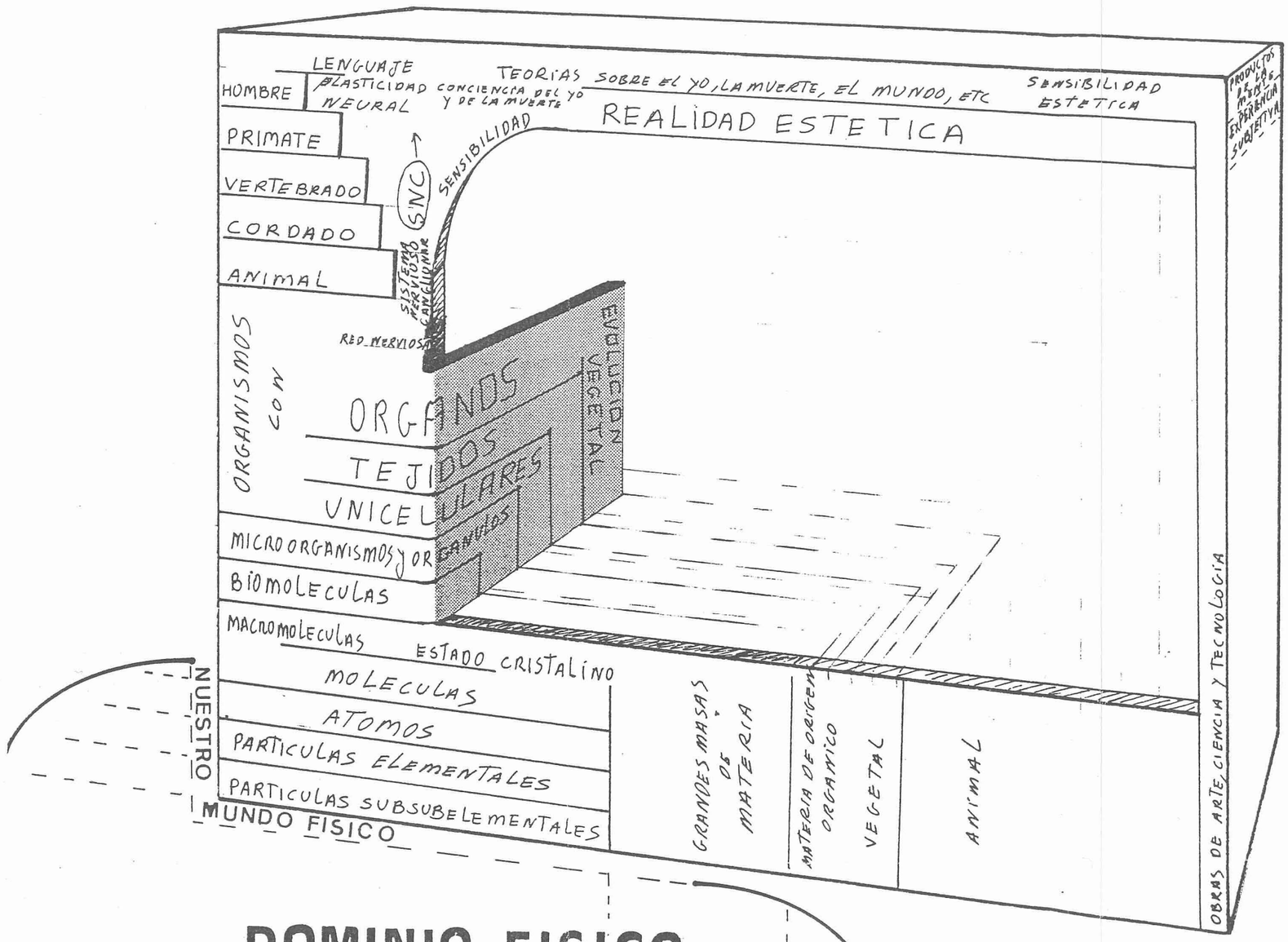
de los elementos pesados: líquidos y sólidos; 2) el de los organismos vivos; 3) el de la sensibilidad; 4) el de la conciencia del yo y de la muerte; 5) el del lenguaje humano; 6) el de las obras de arte, ciencia y tecnología. Lo completa con sus mundos 1, 2 y 3 o el de los objetos físicos, el de las experiencias subjetivas y el de los productos de la mente humana.

Mario Bunge también nos propone (ver M.Bunge: 1980 p. 54-55) otra lista de niveles en los cuales se puede subdividir el sistema nervioso: subcelular, celular, microsistemas neurales, macrosistemas neurales, organismo (animal), pequeñas agrupaciones (familia, horda, cuadrilla, etc), después de hacer una previa, de la evolución de dichos sistemas: red nerviosa, sistema nervioso glanglionar y SNC (ver también mi figura nº 1.14).

En Ruffié (1976 p.146-155) tenemos otros niveles de integración, cada vez mas complejos, donde en cada uno encontramos los mismos elementos que en el precedente pero especializados y mas fuertemente integrados en su conjunto (a la manera de superindividuo) y dotado de nuevas cualidades : nivel molecular (sopa primitiva de Haldane), nivel celular (membrana, citoplasma, cromosomas, etc), nivel pluricelular (con disociación de funciones), y nivel social (superindividuo ligado por mecanismos de integración).

INDETERMINISMO

CAUSAS Y EFECTOS

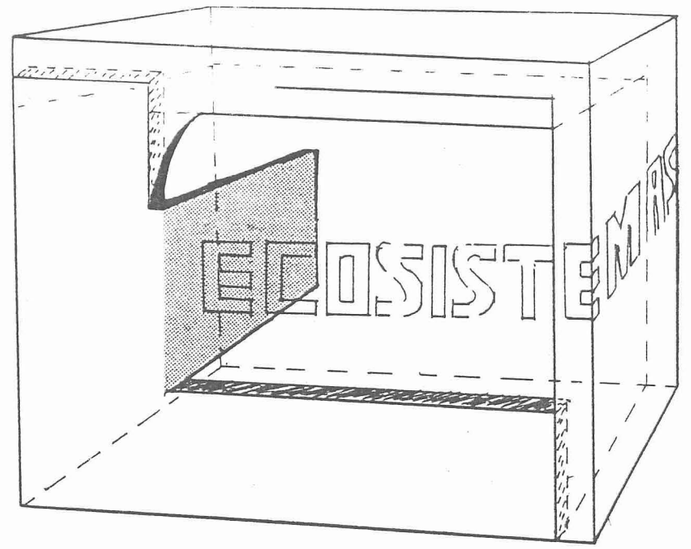


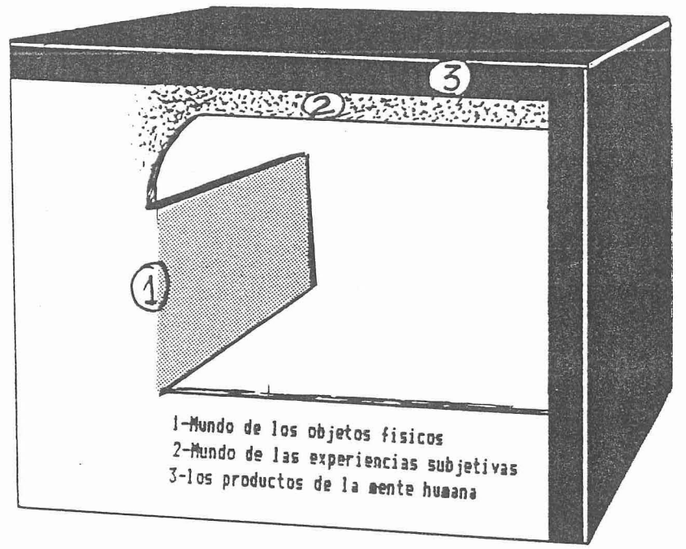
DOMINIO FISICO

NI CAUSAS NI EFECTOS

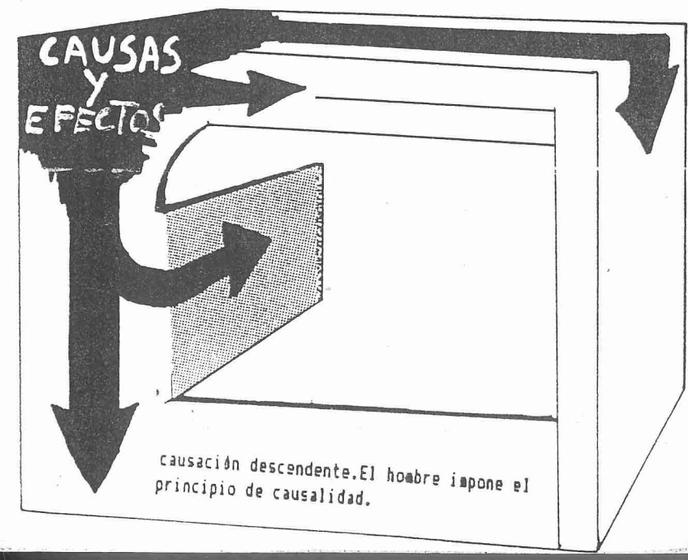
DOMINIO DE LA ENTROPIA

NI CAUSALIDAD NI DETERMINISMO





1-Mundo de los objetos fisicos
2-Mundo de las experiencias subjetivas
3-los productos de la mente humana



causación descendente. El hombre impone el principio de causalidad.

Este es el problema al que me refería. Cualquier lista es válida, pero las intenciones con que han sido construidas son diferentes. Sea de un manera o de otra, se evidencia una constante en todas ellas, y es la presencia de productos de la mente humana, nivel social, agrupaciones de organismos, etc, en los cuales se da, de manera tautológica, la absoluta necesidad de que esté implicito el máximo nivel evolutivo del sistema nervioso.

De esta manera se me ocurrió confeccionar el esquema de la figura nº 1.15, que sin rigor científico y un tanto forzado o llevado a nuestro terreno, resume, por el contrario, con bastante claridad las intenciones expresadas hasta el momento , así como lo que pretendemos argumentar en los capítulos siguientes.

Así, teniendo presente esta forma de concebir las interrelaciones de lo FISICO (la MATERIA) nos será de mucha utilidad para hacernos las preguntas siguientes:

-¿que lugar ocuparía el problema de la percepción en este esquema?

-si al hablar de la contextura de lo biológico, lo hicimos en el nombre de ciclos del carbono, entorno ecológico, etología, etc y en el del esquema, en niveles de integración, ... la percepción, si tiene que estar involucrada en la capacidad de descriminación o reconocimiento de la realidad, tendrá que estar, así mismo, involucrada en dichos niveles (ya que es la realidad). ¿En cuales?

-¿Porqué esta mas involucrada en unos que en otros?.

Podíamos hacernos infinidad de preguntas de este estilo, o incluso responder ya a alguna de ellas, pero es mejor esperar a los argumentos de los capitulos siguientes. De momento nos quedaremos con lo general. En los puntos que vienen a continuación iremos concretando y viendo si hay alguna lógica en estas cuestiones.

1.3.-INTERACCIONES DE LA MATERIA CON LA ENERGIA ELECTROMAGNETICA

Ya que nuestras intenciones pasan por abordar el problemas de las invarianzas, o por la búsqueda de constantes, que es lo mismo, tenemos que ver y encontrar respuestas a cuestiones tales como: ¿se accede a lo invariante gracias a la energia electromagnética? ¿presentan las interacciones con la materia un buen marco de constantes electromagnéticas? ¿cuales son estos aspectos?, etc, etc. Para poder dar respuestas primero hay que analizar lo que ocurre en los distintos niveles, y como hemos visto, la materia no se restringe exclusivamente a los átomos, moléculas o conglomerados materiales, sino que es un concepto mucho mas complejo. Los distintos niveles en que ésta se manifiesta han sido descritos en la figura nº 1.15. Este esquema es demasiado general para las intenciones y propósitos de este apartado. Así, aunque no nos quede mas remedio que partir de él, es cuestión de ir construyéndolo a lo largo de la investigación, según vayamos viendo los diferentes sucesos acaecidos en cada nivel, producto de la interacción con la energia electromagnética.

El cuerpo negro.-

Como paso intermedio entre ésta generalidad y las posteriores descripciones de como se efectúa la interacción, lo mejor será explicar un modelo teórico en el cual se basa la mayor parte de la óptica física: **el cuerpo negro.**,

Este cuerpo constituye la forma universal de la radiación que emite la materia condensada, cuyo espectro es continuo tal y como se ve en la figura nº 1.16. Es pues un material conceptualmente ideal cuyas propiedades son las siguientes:

-absorbe todas las longitudes de onda.
-emite todas las longitudes de onda.
-el espectro es independiente de la composición química.
-el espectro viene dado por la temperatura.

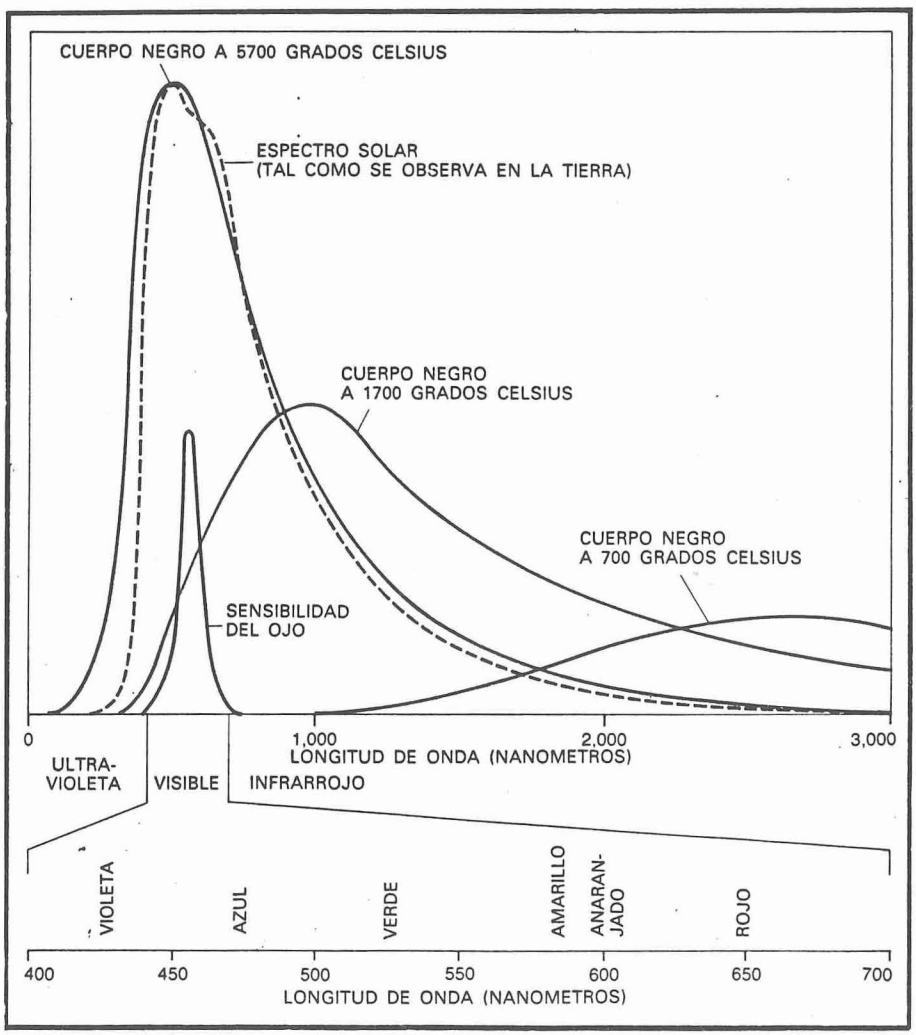


figura nº 16.-espectro del cuerpo negro. (Figura según K. Nassau 1980 p.58)

En vista de estas propiedades espectrales podemos confeccionar el siguiente cuadro:

TEMPERATURA DEL CUERPO NEGRO	RADIACION EMITIDA	OBJETOS QUE EMITEN RADIACIONES SIMILARES	ACONTECIMIENTOS A NIVEL ATOMICO
cero absoluto			estado fundamental
pequeño incremento de la temperatura			algunos átomos son promovidos a determinados estados excitados
temperatura ambiente	emisión infrarroja		
700 ºC	infrarrojo rojo oscuro		emisión de energías cada vez mas altas y longitudes de onda mas cortas.
1500 ºC	rojo anaranjado amarillo	fuego de leña	
2200 ºC	amarillo	lámpara de tungsteno	
4000 ºC	blanco blanco	flash	cuerpos mas brillantes
5700 ºC		SUPERFICIE SOLAR	
por encima de 6000 ºC	azul pálido		

figura nº 1.17.- (Esquema basado en K. Nassau: 1980 p.59-61)

Como se puede observar, en el cero absoluto los átomos están en su estado fundamental, o sea, el nivel de menor energía, o lo que es casi igual, que no admite radiación alguna. A cada incremento de "t" ciertos átomos son promovidos a otros niveles determinados. Esto

hace que el átomo esté excitado. Pero estos átomos se distribuyen a lo largo de un intervalo de energías muy amplio ya que este proceso de promoción es de naturaleza aleatoria o estadística.

Para cualquier aumento finito de temperatura, el número de estados ocupados aumenta gradualmente con la energía hasta alcanzar un determinado valor máximo; a partir de dicho valor, el citado número disminuye de nuevo.

A nosotros lo que mas nos interesa es saber que a temperatura ambiente tenemos radiaciones de bajas energías, o sea, infrarrojas. A unos 700 grados Celsius todavía es infrarroja pero comienza a aparecer un poco de luz visible color rojo. A los 5700 grados, la emisión es de unos 2'2 electronvoltios que equivalen a 560 nanometros. Este último dato es de vital importancia puesto que coincide con la temperatura de la superficie solar. De todas formas esto será estudiado mas adelante, cuando hablemos del margen del espectro visible.

Con este modelo difícilmente podemos responder a las cuestiones planteadas por los distintos fenómenos relacionados con la luz, que acontecen cotidianamente a nuestro alrededor. Si bien es útil al físico, ya que le facilita extraer leyes de un suceso que puede luego reproducirlo en el laboratorio, a nosotros solo puede valernos de muestra, punto de partida o referencia de la versatilidad de la materia, en cuanto a los diferentes colores producidos por un mismo obje-

to, como por la constancia en que se dan ciertos sucesos electromagnéticos, siempre que paralelamente estén presentes unas circunstancias especificas.

De todas formas, es obvio que no hay elemento alguno en la Tierra que se comporte con tal limpieza, sí en cambio, que se pueda predecir su comportamiento. El cuerpo negro es, de por si, una conclusión generalizada con miras a un disciplina en concreto, y nosotros debemos sacar la nuestra.

De esta manera, podemos partir de la base de que cualquier fotón (perdido en el espacio, que vague eternamente o tropiece con una retina) puede fácilmente venir de un estado de la materia similar al del modelo teórico, incluso podemos calcular, analizada su energía, las condiciones y lugar de donde procede. Podemos anotar:

NOTA 1.1.- El "medio" implicado en los sucesos físicos de tipo visual es el electromagnético. Estamos, por lo tanto, utilizando un medio relacionado directamente con las estructuras primeras de la materia, mas específicamente, con los "mediadores".

El primer paso será ver lo que ocurre cuando este fotón choca, rebota, atraviesa, etc una porción de materia.

1.3.1.-Interacciones a nivel atómico.-

El nivel mas elemental y significativo de dichas interacciones es el atómico, y antes de comenzar a hablar de él, es mejor dejar claro algunas características básicas de la estructura atómica, tales como **"estado fundamental"**, **"estado excitado"** o **"estado ionizado"** ya que los vamos a utilizar a lo largo de todo éste apartado.

Digamos que todo átomo se caracteriza por poseer una energía mínima posible (que es el caso del estado fundamental) y por una serie de estados cada vez mayores de energía (estado excitado), hasta alcanzar un estado en el cual los electrones pueden superar las fuerzas que les unen al núcleo atómico (estado ionizado). Evidentemente no existe una serie continua de estados excitados, como bien veremos mas adelante, sino en una serie de estados discretos, cada uno de los cuales se caracteriza por poseer una determinada energía. Las energías intermedias estan prohibidas.

Otra cosa que es necesario explica, son las particularidades que tienen cada uno de los átomos del sistema periódico. No todos los elementos tienen la misma energía en estado fundamental, ni siquiera los de los estados excitados e ionizados. También hay que recordar que cuando dos o mas átomos se unen, sus estados se ven modificados a la vez de que aparece otro tipo de energía, denominada energía de enlace.

Todas estas variables son las que van a hacer de nuestro mundo físico un "mundo rico" en maneras diferentes de interaccionar con los fotones. Podemos esquematizarlo, de lo simple a lo complejo, del siguiente modo:

- iones atómicos
- masas compactas
- moléculas sencillas y estructuras cristalinas
- estructuras moleculares complejas
- biomoléculas y cadenas de sucesos

Interacción con iones atómicos aislados

Conocemos algo así como 103 elementos (si incluimos al Kurchatovio y al Hahnio, de los que no se sabe casi nada), y son así mismo 103 maneras diferentes de interaccionar con la energía electromagnética. No es nada extraño que ocurra de esta manera ya que todo depende de la configuración electrónica del elemento y como sabemos, es lo que diferencia a unos de otros, tanto en sus propiedades físicas como químicas, etc.

Para entendernos, no solo vale con decir que hay tres estados y que un fotón puede ser absorbido por un electrón y promocionarse a un nivel superior de energía, sino que dependiendo del número de electrones que posea, así serán las diferentes energías de excitación (absorción) y así serán los diferentes niveles por los que puede pasar, mantenerse o decaer.

En la figura nº 1.46 (pag. ixx) se puede ver la configuración electrónica de todos los elementos conocidos. Un elemento sucede a otro por la adquisición de un electrón. Los electrones se agrupan en niveles hasta completarlos según una secuencia y cantidades fijadas por leyes cuánticas. Cuando una capa se completa, sus electrones adquieren la máxima estabilidad ya que existe una fuerte conexión entre ellos y la energía necesaria para su promoción sería muy grande (rayos X, U.V., etc). No ocurre lo mismo con el electrón desapareado, que es susceptible de pasar a otras capas por la absorción de cuantos de energía mas débil. Dicho esquema patentiza la existencia de electrones desapareados en casi todos ellos, con la excepción de los gases nobles y difiriendo tanto en número como disposición

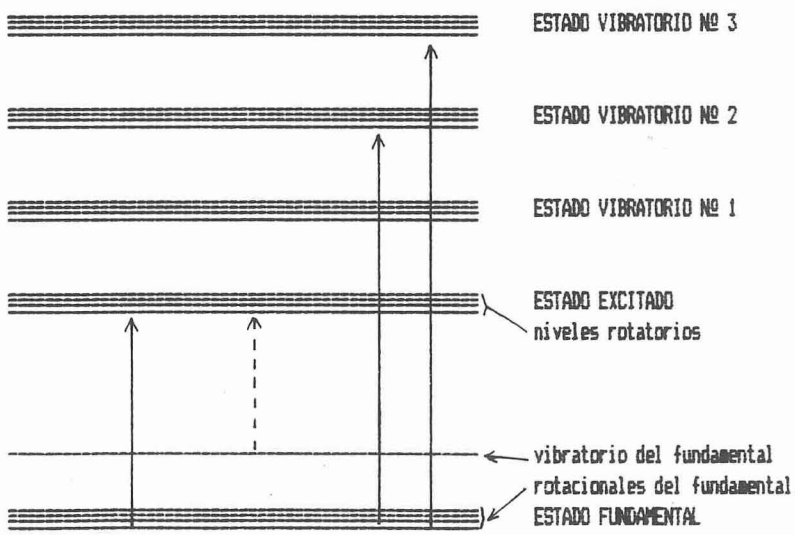


figura nº 1.18.- (basada en C. N. Rao: 1967 p.2)

dentro de las capas (en los transacionales los electrones libres son internos).

En este diagrama (fig. nº 1.18) de lo que pudieran ser los niveles atómicos de un elemento cualquiera (el del ejemplo es de una sustancia poliatómica, para que sea mas vistoso) están representadas diferentes cantidades de energía absorbida. Las frecuencias muy bajas, por ejemplo, microondas, infrarrojo lejano... siempre causan transformaciones en la energía de rotación. Si la energía corresponde al infrarrojo cercano o al visible, se dará la transformación rotacional y muy probablemente la vibratoria. Si la absorción es dentro de altas energías, U.V. por ejemplo, tendremos los tres tipos= rotacional + vibratoria + electrónica. Normalmente, en las condiciones habituales, las dos primeras transformaciones están siempre incluidas cuando hablamos de transiciones, absorciones o emisiones.

Ahora bien, a la hora de emitir luz o de la transición espontánea hasta el nivel de menor energía, nos encontramos con dos tipos diferentes de hacerlo: **transición singlete-singlete y triplete-singlete**.

Casi todas las sustancias que posean absorción selectiva son luminiscentes ("a") y en ciertas condiciones físico-químicas, podemos encontrarlas en la totalidad de los estados de la materia (C. N. Rao: 1967 p.188). En "b" tenemos que entre el estado fundamental y el excitado existe un nivel en el cual el átomo puede permanecer por

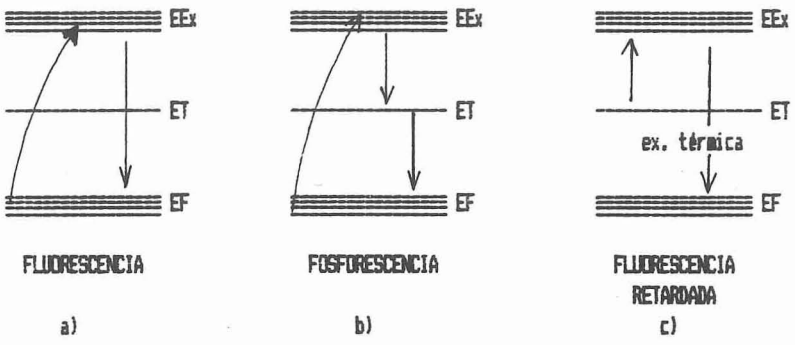


figura nº 1.19.- EF= estado fundamental. ET= estado triplete (metaestable). EEx= estado excitado. (interpretación propia de dibujos de C. N. Rao: 1967 p.189)

breves espacios de tiempo en un nivel metaestable, pudiendo devolver la energía en dos etapas, con lo cual la composición espectral de lo emitido no se corresponderá con lo absorbido. Gracias a este nivel metaestable, la emisión se puede retardar manipulando la temperatura. Otro caso, paralelo pero diferente, es el "c" o el de la fluorescencia retardada, en donde la promoción tiene lugar desde el estado triplete, a través de la excitación térmica. Desde allí decae al fundamental.

De todas formas, los casos "b" y "c" son muy escasos entre átomos aislados o en estado iónico (solo el ion Talioso (Ti^+) tiene triplete, entre los elementos de la tabla periódica). En cuanto a las fluorescencias hay que precisar lo siguiente: hay muchos autores que confunden la fosforescencia con la fluorescencia, o intercambia su significado. Lo mas normal es decir que un elemento o sustancia es

fluorescente cuando emite una radiación que no está contenida en la absorbida. Pero si analizamos detenidamente todas las transiciones electrónicas veremos que no existe un solo caso en el cual no haya una perdida de energía, aunque sea en forma de calor (radiación infrarroja), lo que implica que el espectro de emisión no coincide con el de absorción. Por contra, existen formas mas eficientes de absorción-emisión que otras (tal y como se verá seguidamente) en el abanico de posibilidades que puedan existir entre los dos extremos representativos: átomos con espectros de bandas muy estrechas y muy selectivas (con claras franjas de energías prohibidas) y los átomos de bandas muy anchas donde parece existir un "continuo" de absorción semejante al del estado metálico. Es evidente que los primeros parecerán (y serán) mas fluorescentes que los segundos. Son ejemplos típicos de fluorescencia los vapores monoatómicos del Sodio (Na), los átomos de transición, las tierras raras o los elementos paramagnéticos del grupo VIII, todos ellos con espectros discretos y en líneas. K. Nassau (1980), geólogo, ha estudiado muchos elementos y estructuras cristalinas, que nos servirán para ilustrar, de aqui en adelante, los diferentes comportamientos de la materia en cuanto al color:

> *"...en el caso del sodio, la caída de potencial, desde el estado de ionización hasta otro mas bajo, si lo hace de una sola vez producirá 5'12 electronvoltios (que daría ultravioleta), si en cambio lo hace con pasos intermedios (que es lo mas probable), cada transición estaría acompañada de la emisión de otros tantos cuantos de energía menor. El número de cascadas posibles es limitado; ciertas "reglas de selección" determinan cuales están permitidas. La mayoría de las transiciones permitidas que conducen al estado fundamental tiene lugar a través de alguno de los orbitales 3P. Como consecuencia de este hecho, los cuantos de luz amarilla con energías de 2'103 y 2'105 electronvoltios se*

cuentan entre los emitidos. En realidad estas dos líneas son, con mucho las mas brillantes del espectro del sodio atómico y son la causa de que el vapor de sodio excitado o ionizado emita una luz solar amarillo brillante." (K. Nassau: 1980 p.58-59)

Cabe señalar, en cambio, la importancia que tiene para nosotros la existencia de los elementos de transición. Si el sodio presenta un

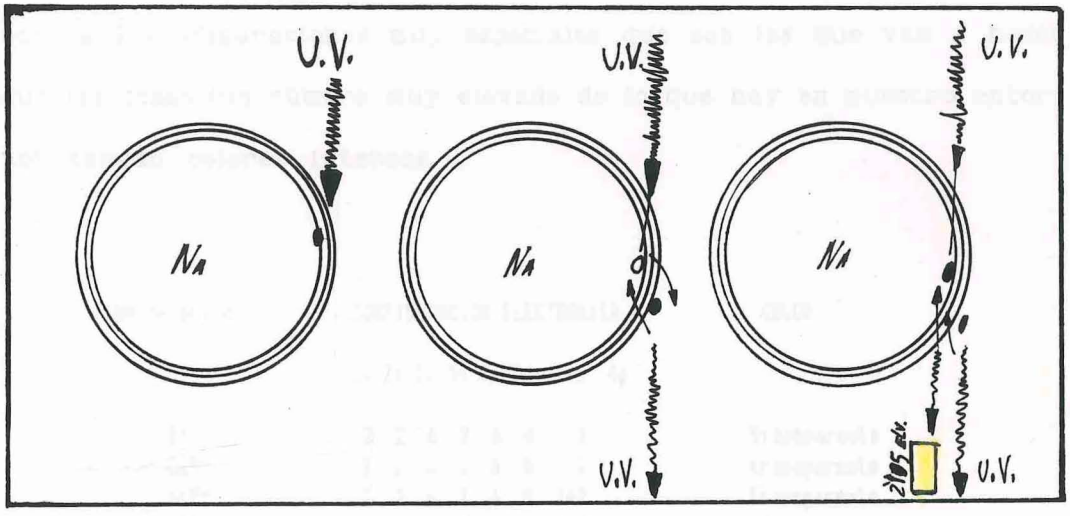


figura nº 1.20.-(interpretación propia)

intenso color amarillo cuando se le ilumina con U.V., los elementos de transición pueden hacerlo en el espectro visible, ya que tienen la capa "d" incompleta (ver fig. nº 1.46 y nº 1.21). La capa "d" está compuesta de cinco orbitales (capacidad para 10 electrones) interiores, ya que existen otras capas por encima de éstos que pueden estar completas o no, lo que les confiere propiedades no habituales. Una de ellas es que en ausencia de campos eléctricos o magnéticos externos, los orbitales tienen la misma energía y los electrones

pueden pulular por cualquiera de ellos sin necesidad de tomar ni ceder energía alguna.

La tabla de la fig.nº 1.21 constata la presencia de color en el momento en que los electrones comienzan a hacer acto de presencia en la capa "d". De momento, los colores son muy pálidos, pero hay que hacer hincapié en la importancia que tiene la capa interna, ya que en estados asociados, moléculas, estructuras cristalinas, etc, ésta adoptará configuraciones muy especiales que son las que van a hacer que las cosas (un número muy elevado de lo que hay en nuestro entorno) tengan colores intensos.

ION METALICO	CONFIGURACION ELECTRONICA								COLOR
	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	
K^{+}	2	2	6	2	6	0	1		transparente
Ca^{2+}	2	2	6	2	6	0	2		transparente
Sc^{3+}	2	2	6	2	6	0	1+2		transparente
Ti^{3+}	2	2	6	2	6	1	1+2		violeta-rojo
V^{3+}	2	2	6	2	6	2	1+2		verde
Cr^{3+}	2	2	6	2	6	3	2+1		violeta
Cr^{2+}	2	2	6	2	6	4	1+1		azul
Mn^{2+}	2	2	6	2	6	5	2		rosa pálido
Fe^{3+}	2	2	6	2	6	5	1+2		violeta pálido
Fe^{2+}	2	2	6	2	6	6	2		verde
Co^{2+}	2	2	6	2	6	7	2		rojizo-rosa
Ni^{2+}	2	2	6	2	6	8	2		verde
Cu^{2+}	2	2	6	2	6	9	1+2		azul
Cu^{+}	2	2	6	2	6	10	1		transparente
Zn^{2+}	2	2	6	2	6	10	2		transparente
Ga^{3+}	2	2	6	2	6	10	2 + 1		transparente

figura nº 1.21.- (basado en un esquema de la Royal Institution, citado en C. N. Rao: 1967 p.240)

Esta claro que aunque los electrones son interiores tienen algo que ver con los electrones de valencia, lo mismo que cuando hablamos del sodio... o de cualquier otro. Así pues, los electrones que tienen algo que ver con el color son, así mismo, los que intervienen cuando se enlazan químicamente átomos entre sí. Esta es otra característica importante, lo que podemos afirmar:

NOTA 1.2.- El producto de la interacción electromagnética con los átomos, tiene relación directa con su estructura atómica.

NOTA 1.3.- En interacciones con átomos aislados, la energía resultante que entra dentro de los S.F.V.I. está relacionada con los electrones de valencia, o lo que es lo mismo, con los electrones implicados en los enlaces químicos.

Moléculas.-

Nos tenemos que preguntar ahora que es lo que ocurriría cuando un átomo aislado se asocia con otro para formar un compuesto. Si recordamos, los átomos asociados, o los que se encuentran en el mismo nivel, necesitan mas energía para poder promocionarse. Así, cuando un átomo pasa de un estado donde uno de sus electrones estaba libre (desapareado) a otro estado donde se asocia a otro (apareado), la energía necesaria para la promoción es muy superior a la anterior. No estaría, por éste motivo, dentro de los márgenes de la observación humana.

De ser esto cierto, estaríamos inmersos en un mundo transparente, ya que los iones monoatómicos son escasísimos, y la totalidad de lo visible e invisible está en estado molecular. Como bien sabemos, no ocurre así , pero tampoco implica que lo dicho hasta ahora sea falso. Los electrones apareados necesitan mas energía para promocionarse, por lo menos ultravioleta, y el dilema nace por el hecho de que en el estado molecular van a aparecer propiedades nuevas que no se encuentran en átomos aislados.

Las propiedades menos vistosas son puramente mecánicas: **presiones, rotaciones, vibraciones**. Luego, y partiendo de moléculas sencillas, podemos encontrar otras mas sofisticadas, en **agregados** formando "montones" compactos (en forma sólida, liquida o gaseosa), o estructuradas en complejas **redes cristalinas**. El colofón lo forman, por un lado, las estructuras moleculares complejas (**biomoléculas**), y por el otro, las **biofunciones** o encadenamientos de sucesos de dichas estructuras moleculares. Es evidente que un átomo de Carbono o de Titanio no se comportarán de la misma manera cuando se encuentra "amontonado" o formando cristales. La macroestructura influirá sobre el elemento, así como las propiedades intrínsecas del átomo influirán sobre la macroestructura.

presiones, rotaciones y vibraciones.-

En realidad, solo tenemos que pensar que cualquier átomo sea el que fuese, puede cambiar su estructura atómica o electrónica gracias a la presión. El hidrógeno a dos millones de atmosferas se convierte en un sólido metálico y lo mismo le ocurre al Xenon (1'3 millones), al Yodo (200.000), etc. Un ejemplo de esto lo tenemos en un experimento de A. Jayaraman (:1984) cuando probaba un dispositivo de altas presiones consistente en celdillas de yunques de diamante. Un cristal de monosulfuro de samario (SmS) de color negro mate (es semiconductor) en condiciones normales, al elevar la presión a siete mil atmosferas dio cambios de color, adquiriendo un tono dorado intenso. La causa (y ya se tratará mas extensamente en el punto siguiente) es que a tales presiones los electrones que se encuentran entre la banda de valencia y la banda de conducción (que está vacía) son presionados hasta dicha banda, comenzando a conducir la corriente eléctrica como un metal.

Las rotaciones, torsiones y vibraciones son debidas, tal y como se ilustra en la figura nº 1.22 a choques y a la influencia de otras moléculas adyacentes. Como toda deformación lleva consigo ciertas diferencias en las distancias entre los átomos, estas se compensan emitiendo o absorbiendo energía.

De todas formas, todos estos casos, aunque muy frecuentes, trabajan con energías muy bajas, que caen fuera del espectro visible,

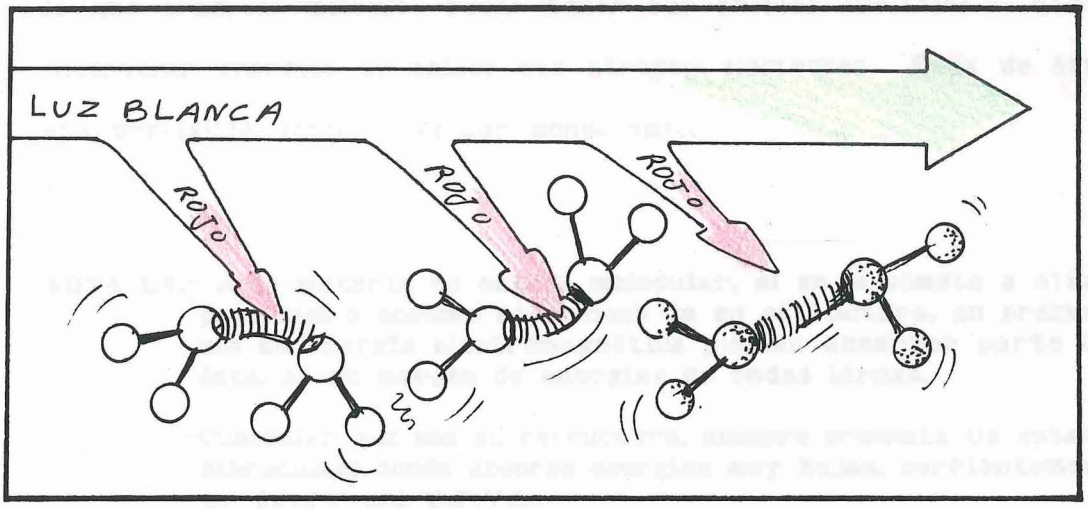


figura nº 1.22.-(interpretación propia)

sobre el infrarrojo. Solo cabe destacar el color verde-azulado del agua y del hielo, por la absorción del rojo.

Se ve que con la aparición del estado molecular, tienen importancia electromagnética aquellos sucesos que de una manera u otra son "excepcionales", pero no por su rareza (son numerosos) sino por su aparente arbitrariedad o introducción del azar.

La verdad, es que lejos del estado monoatómico, donde las cosas ocurren de forma esperada y con cierta exactitud según el estudio de la configuración electrónica de un elemento cualquiera, aquí no, ya que intervienen muchísimas variables. Digamos que nos metemos en un espacio estadístico. Los átomos, fuera de su estado iónico, ya no son

lo que eran, la molécula puede tener sus propios orbitales o hacer intervenir energías de enlace que atrapen electrones. Nada de ésto era previsible desde el estado monoatómico.

NOTA 1.4.- A la materia en estado molecular, si se le somete a altas presiones o acaecen rotaciones de su estructura, en presencia de energía electromagnética pueden absorber parte de ésta, en un margen de energías de ondas largas.

-Cualquier que sea su estructura, siempre presenta un estado bibracional donde absorbe energías muy bajas, corrientemente fuera del S.F.V.I..

Electrones móviles en masas compactas.-

Dos grandes grupos de elementos, los metales y los no-metales semiconductores, cuando se encuentran en masas compactas, tienen la característica de que los electrones se pueden mover libremente por toda la superficie, gracias a que están liberados de los átomos o iones concretos. No se limita a una zona sino que si el metal tiene longitudes macroscópicas, el único limite para el electrón son las propias dimensiones del material. Kurt Nassau nos dice que existen algo así como del orden de 10^{23} electrones por centímetro cúbico, proporcionando ciertas propiedades ópticas y electricas singulares.

Si nos fijamos en la figura nº 1.23, tenemos una banda ocupada y una vacía. La banda ocupada es un nivel ideal en el cero absoluto y no rebasa lo que se llama el nivel de Fermi. Todos los electrones, por lo tanto, en estas condiciones del cero absoluto se encuentran

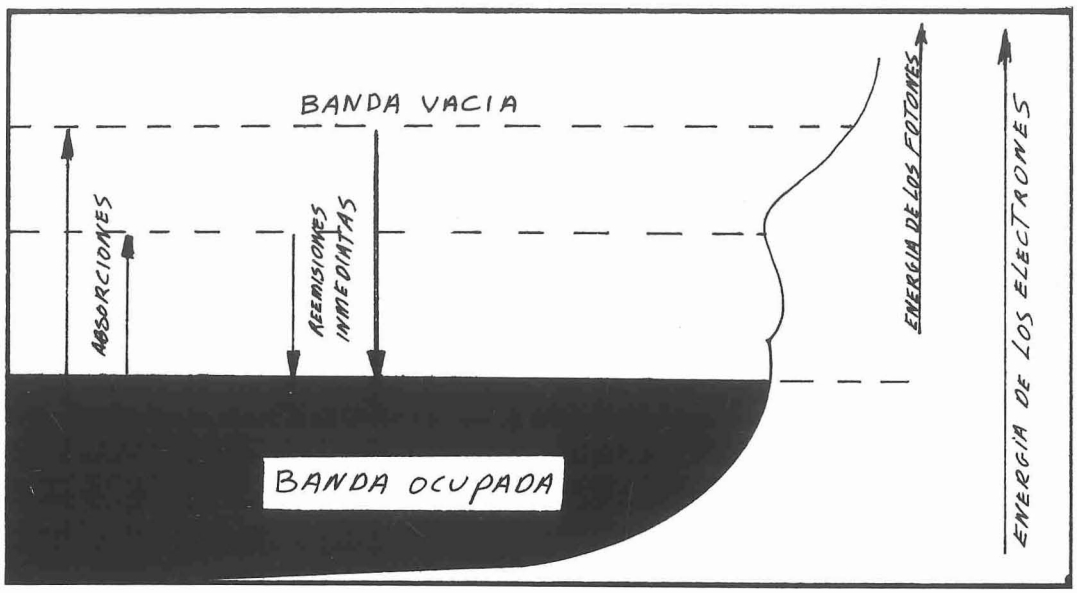


figura nº 1.23.-(K. Nassau: 1980 p.64)

del nivel de Fermi para abajo. El mínimo incremento en la energía hace que algunos electrones pasen a la banda vacía. Podemos decir que existen múltiples peldaños de energía, que pueden ser ocupados por cualquiera de los electrones, pero con la particularidad de que en cada peldaño solo puede haber un número discreto de ellos. Esto hace sospechar que existe un número continuo de estos, desde el fundamental hasta arriba.

Visto ésto, la primera pregunta que se hace Nassau (1980), es la de que si un metal posee de hecho un continuo de estados excitados, puede absorber radiación de cualquier longitud de onda (si recordamos cuando hablamos del cuerpo negro, éste sería de color

negro). Pero no ocurre así. El electrón que se ve promocionado, devuelve rápidamente la energía y retorna a su estado inicial. La superficie se presenta como reflectante y no como absorbente, presentando un brillo típico de los metales (digamos que existe eficiencia en la devolución).

Nassau nos proporciona luego otro caso, que aunque parecido al anterior, presenta una banda de energías prohibidas entre la de valencia y la de conducción (ver figura 1.24). Esta peculiaridad hace, que si bien en los metales cualquier energía por baja que fuese podía promocionar a un electrón a un nivel energético superior, en este caso (semiconductores) los electrones no pueden absorber ninguna radiación inferior a la necesaria para promocionarlo hasta la banda de conducción. Estos elementos, por lo tanto presentan una energía mínima absorbible y el SFVI será directamente proporcional a éste mínimo.

En la figura nº 1.24 tenemos el esquema de la banda de valencia y conducción, así como el intervalo de bandas y el como se vería el elemento. En la figura nº 25 he representado estas escalas de energía.

> *"si el intervalo de energías prohibidas es pequeño, presentan brillo metálico, como sucede con el silicio, si la reemisión de radiación es eficiente y rápida, mientras que, en caso contrario, los semiconductores son negros. Si la anchura del intervalo de energías prohibidas es mayor que la energía mas alta de la luz visible, no puede producirse la absorción de las longitudes de onda visible y el*

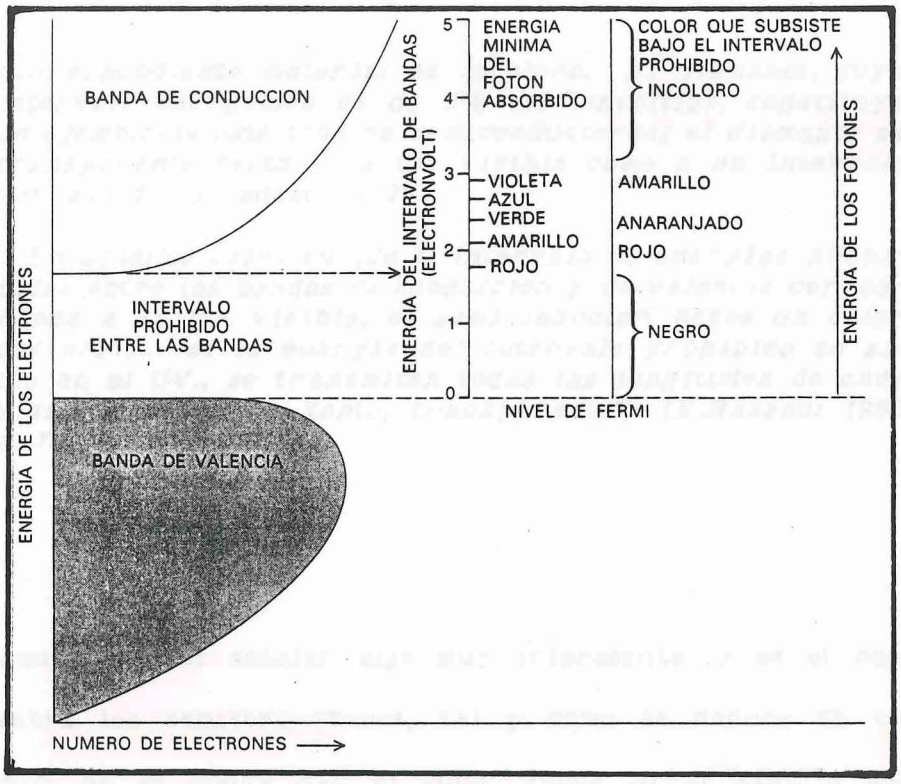


fig nº 1.24.- Nassau: 1980 p.65

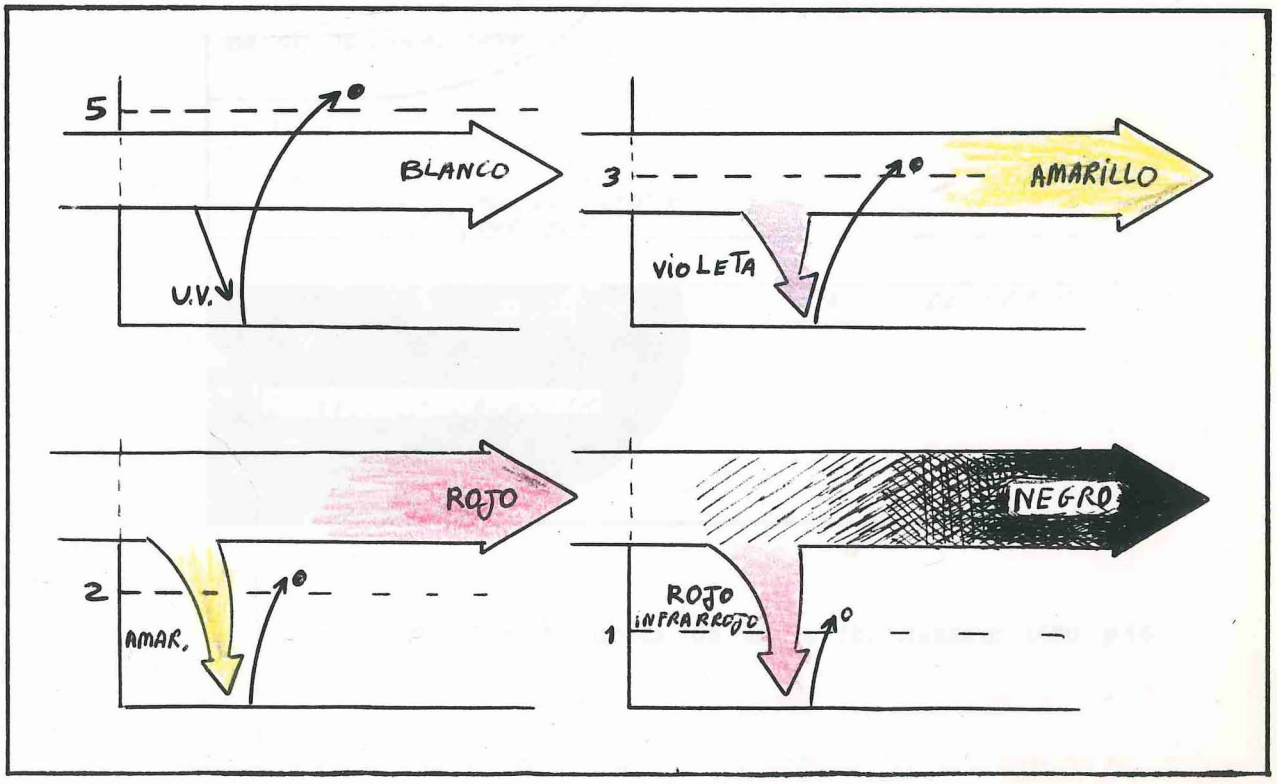


fig. nº 1.25.- Interpretación propia

correspondiente material es incoloro. El diamante, cuyo intervalo energético es de 5'4 electonvóltios, constituye un ejemplo de este tipo de semiconductores; el diamante es transparente tanto a la luz visible como a un intervalo limitado de la radiación UV.

En aquellos casos en que el intervalo de energías prohibidas entre las bandas de conducción y de valencia corresponde a la luz visible, el semiconductor posee un color definido,... si la energía del intervalo prohibido se sitúa en el UV., se transmiten todas las longitudes de onda visibles y por lo tanto, transparente" (K.Nassau: 1980 p.67-69).

Aquí hay que señalar algo muy interesante, y es el hecho de que entre los semiconductores, tal y como se deduce de todo lo expuesto, no se podrá dar el color verde ni el azul, o sea, los

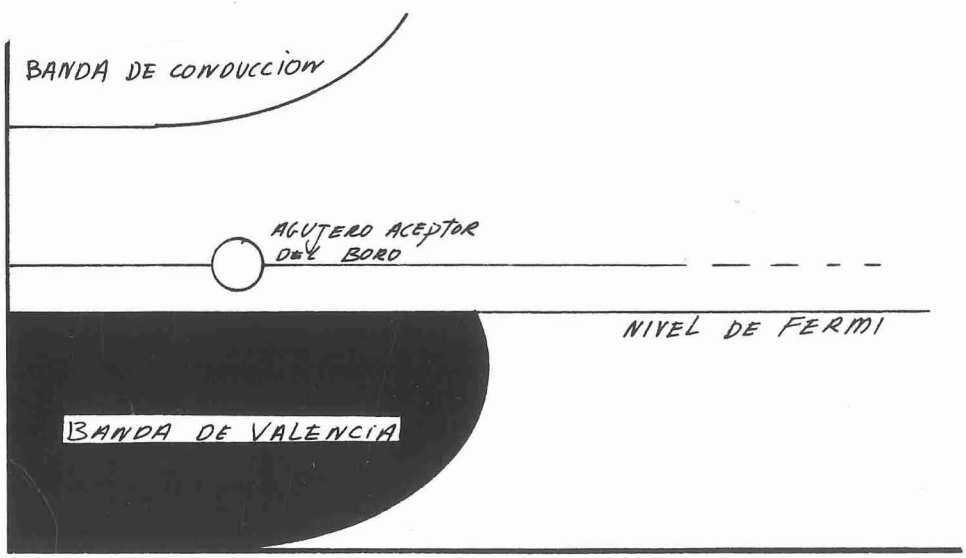


figura nº 1.26.- Impureza de Boro. (K. Nassau: 1980 p.66)

colores de ondas cortas, precisamente por esta disposición en intervalos prohibidos. Ahora bien, si estos compuestos presentan impurezas, como en los casos del punto siguiente, pueden emitir ondas cortas.

Las impurezas lo que hacen es introducir niveles energéticos en el intérvalo prohibido. La energía, por lo tanto es menor que en estado puro. Son casos conocidos los del diamante (ver figura nº 1.26). El diamante puede ser amarillo o verde, según la concentración de nitrógeno. Si en vez de nitrógeno es el boro el que hace de impureza, el color del diamante es azul.

NOTA 1.5.- No-metales y metales semiconductores cuando forman masas compactas, crean una configuración electrónica en la cual los electrones son móviles a lo largo de toda la dimensión de la masa. Su interacción con la energía electromagnética siempre entra dentro del S.F.V.I..

-entre los semiconductores no hay lugar para frecuencias altas (verdes y azules).

Electrones atrapados en campos cristalinos: impurezas y huecos.-

Las estructuras cristalinas son los ejemplos típicos donde las moléculas están constituidas por átomos con todos sus electrones apareados. Así pues, la matrid del cristal es transparente. Entonces, ¿a que es debido su color?. Eminentemente a dos puntos: a la existencia de **impurezas** (de átomos de elementos transacional) o al hecho

de presentar el cristal "huecos", "vacios" o electrones solitarios.

Tenemos que volver a retomar lo dicho sobre los elementos de transición. Tienen, como sabemos, la capa "d" incompleta e interna, y si recordamos, dichos electrones podían pasar de un nivel a otro sin tomar ni ceder energía alguna. A estos orbitales se les denomina, por esta característica, orbitales degenerados. Ahora bien, si un elemento transacional está hidratado o formando cualquier tipo de molécula, los orbitales degenerados "d" se separan unos de otros, según su energía. De esta manera, el paso de un orbital a otro solo puede ser por absorción de energía. Esta perdida de degeneración puede explicarse de dos maneras (ver C. N. R. Rao: 1967 p.239-250): según un modelo electrostático (campo de ligandos) o según el de los orbitales moleculares. Las explicaciones son muy complejas y exceden con mucho las intenciones y el nivel de este apartado. De todas formas tenemos la necesidad, aunque solo sea el dejar una huella iconografica (figura nº 1.27), y hacer un pequeño comentario al respecto.

Según el modelo electrostático, si partimos de unos orbitales "d" en estado iónico, tal como el de de la figura "a", donde un electrón puede pasar de uno a otro indiferentemente, y lo colocamos en un entorno con un campo eléctrico producido por la disposición geométrica de grupos ligados (por ejemplo, otros iones o moléculas dipolares), ocurre que, dependiendo de la disposición geométrica de dichos grupos, así serán las energías de los orbitales (fig. 25, b y c). Tanto en "b" como en "c" los electrones dejarán los orbitales de

máxima energía y pasaran a los de mínima según las leyes de ocupación de orbitales (se comienza ocupando el orbital de menor energía). Según el método de los orbitales moleculares llegamos a los mismos resultados, al combinar los orbitales moleculares del átomo central con los orbitales moleculares de los ligandos, que en el caso del Titanio y de algunos transacionales son el 3d, 4s y 4p.

Todos los elementos de tierras raras, el hierro, cromo, cobre, etc, pertenecen a este grupo, con la particularidad de emitir una amplia variedad de energía, toda dentro del SFVI. Estos elementos se encuentran en el interior de estructuras cristalinas formando impurezas.

Esto queda muy bien explicado en otro de los ejemplos estudiados por Kurt Nassau (1980), dentro de la estructura del rubí y de la esmeralda, tal y como se puede apreciar en la figura nº 1.28.

El rubí es oxido de aluminio (corindón), Al_2O_3. Pero ciertos átomos de aluminio son sustituidos por iones de cromo (Cr+++). Dicho ion va a tener un comportamiento diferente a cuando está aislado puesto que va a ser influido por la energía del campo cristalino (campo eléctrico relativamente intenso). Los posibles estados excitados del cromo van a ser deformados por la estructura del cristal. Por causa de eso, el mismo cromo del rubí se va a comportar

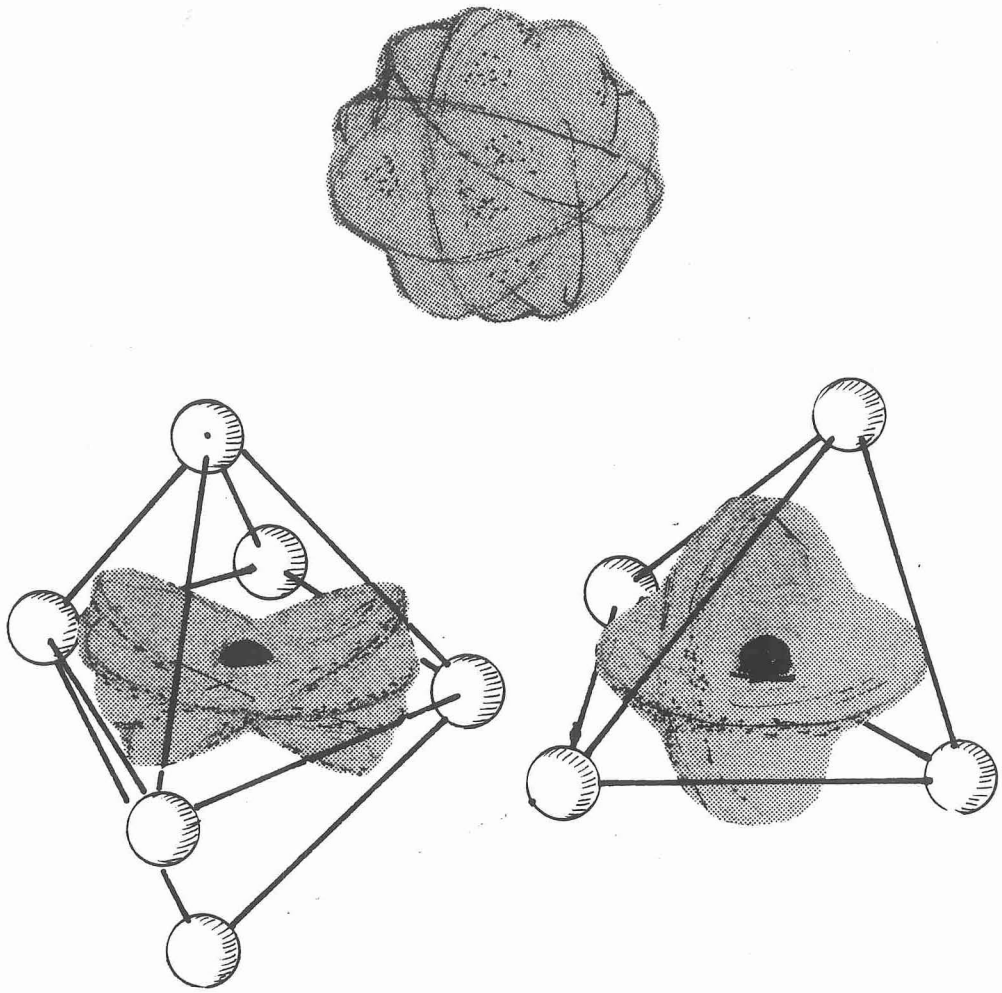
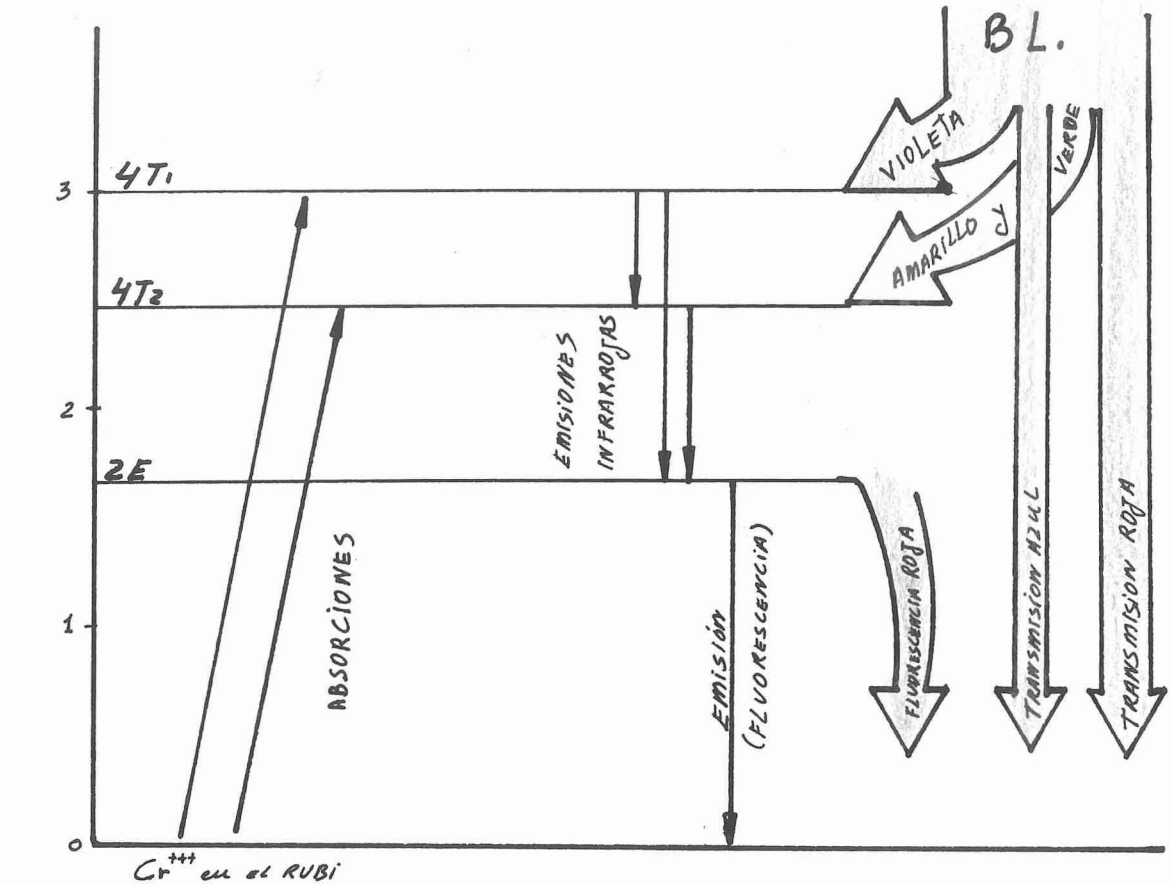


figura nº 1.27.-(interpretación propia)

de forma muy diferente en la esmeralda, al ser la matriz del cristal también diferente. Como se ve en la figura nº 1.28, las bandas 2E, 4T y 4T tienen energías diferentes. Esa es la causa de que las absorciones y transmisiones sean asi mismo diferentes.

" Al igual que en el rubí, la impureza que produce el color de la esmeralda, es el ion Cr^{+++} y, también es este caso, dicho ion reemplaza al aluminio en pequeñas cantidades. La similitud entre ambos materiales va todavía mas lejos: en la esmeralda los iones de cromo están rodeados también por seis iones de oxigeno formando una configuración octaédrica y la configuración de los correspondientes


B.L.
VIOLETA
AMARILLO Y
VERDE
4T1
4T2
2E
EMISIONES INFRARROJAS
ABSORCIONES
EMISIÓN (FLUORESCENCIA)
FLUORESCENCIA ROJA
TRANSMISION AZUL
TRANSMISION ROJA
3
2
1
0
Cr+++ en el RUBI

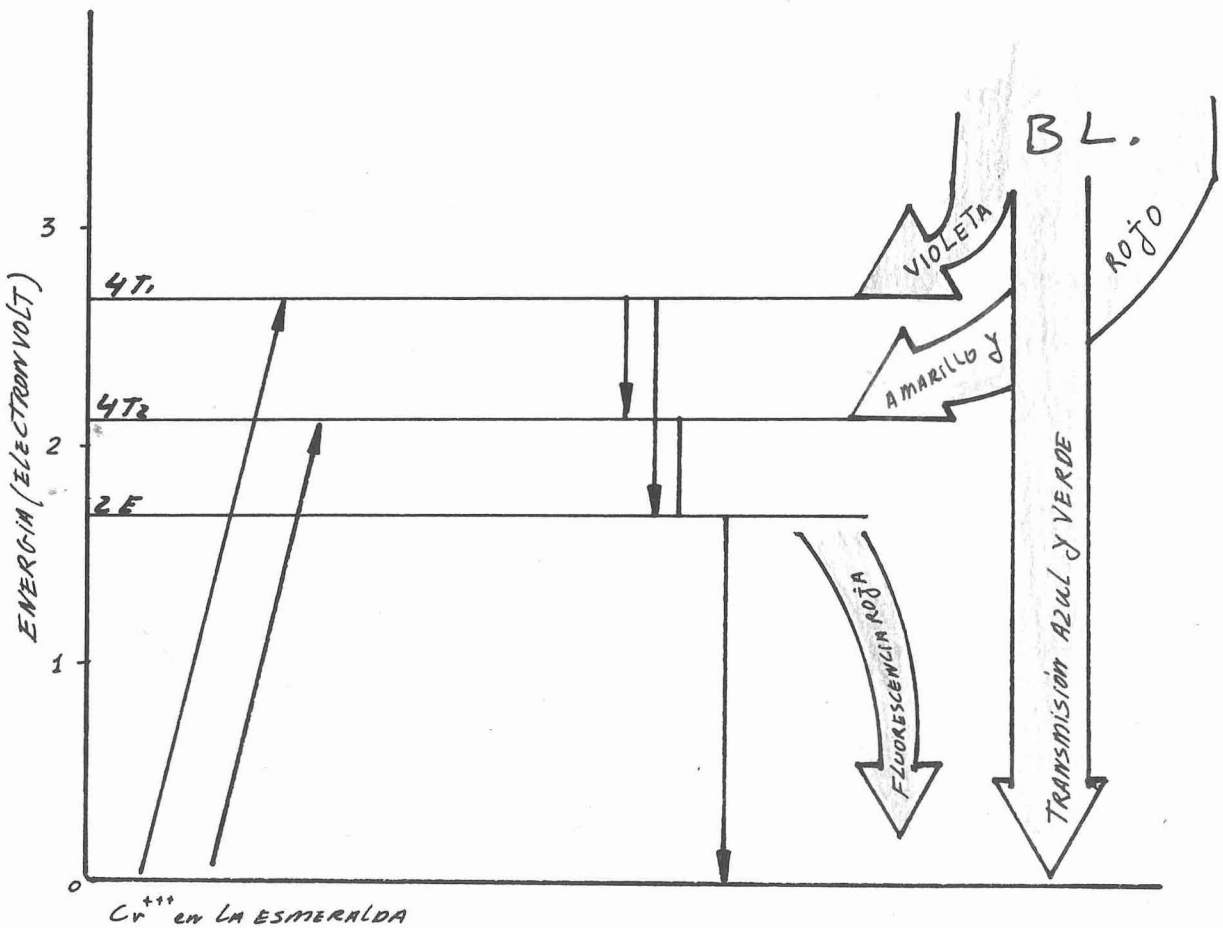

B.L.
VIOLETA
AMARILLO Y
ROJO
4T1
4T2
2E
ENERGIA (ELECTRON VOLT)
FLUORESCENCIA ROJA
TRANSMISIÓN AZUL Y VERDE
3
2
1
0
Cr+++ en LA ESMERALDA

Fig - 28

enlaces es igualmente de 0'19 nanómetros. Sin embargo, en el caso de la esmeralda, la red cristalina fundamental está constituida por un silicato de aluminio y berilio, $Be_3Al_2Si_6O_{18}$. La diferencia mas significativa radica en la naturaleza de los enlaces químicos, que son un poco menos iónicos; como consecuencia de este hecho, la magnitud del campo eléctrico que rodea a un ion de cromo resulta ser un tanto menor".(Kurt Nassau:1980 p.63)

En la figura podemos apreciar que se emite una fluorescencia roja, cosa que no está en el rayo incidente, sino, que como sa ha indicado anteriormente, se forma el desdoblamiento que sufre al decaer su energía al estado fundamental

Así, podemos decir que cuando estos metales de transición se encuentran como impurezas dentro de estructuras cristalinas, sus electrones de valencia están desapareados, siendo los causantes de parte de las transformaciones de la energía electromagnética que inciden en dicho cristal. Pero estos metales no solo existen en estas circunstancias. Ellos también forman compuestos y cristales donde son componentes principales y no como impurezas, como por ejemplo: la malaquita, turquesa, azurita, granate, etc.

NOTA 1.6.- Siempre dentro de estructuras cristalinas, los elementos de transición pueden quedar atrapados, pudiendo, por esta circunstancia, modificar sus orbitales y absorber energía electromagnética dentro del S.F.V.I.. Se le conoce como "impurezas".

huecos y centros de color

La naturaleza de estos huecos es debida generalmente a desplazamientos o desapariciones de iones integrantes de dichas sustancias causadas por agentes externos de diferente índole, como por ejemplo: altas presiones, campos eléctricos intensos, radiaciones altas de energía, etc. Este hueco puede ser ocupado por un electrón (para compensar la componente eléctrica) o no. En el primer caso, dicho electrón queda ligado a dicha posición en virtud de la existencia del campo cristalino que crean todos los iones próximos al lugar en cuestión. En el seno de dicho campo, el electrón puede ocupar un estado fundamental y varios estados excitados, de forma análoga a lo que sucede en los metales de transición.

Ejemplos de estos casos son la fluorita, el cuarzo ahumado (hueco), la amatista y la causa de algunas fluorescencias. Siguiendo a K. Nassau, nos explica el como puede formarse un hueco:

> *"la red básica del cuarzo está constituida por dioxido de silicio (SiO_2), pero un requisito previo para la formación del centro de color es la presencia de impurezas de aluminio reemplazando a algunos iones de silicio. Dado que el aluminio tiene una valencia de +3 y el silicio de +4, con el fin de mantener la neutralidad eléctrica, es necesaria la existencia de un ion de un metal alcalino o de un ion hidrógeno en las proximidades de dichos iones. El cuarzo suele estar contaminado con trazas de aluminio, pero la sola presencia de este elemento no daría lugar a color alguno, debido a que carece de electrones desapareados. Los centros de color aparecen cuando el cuarzo se expone durante algunos minutos a un haz intenso de rayos X o de rayos gamma o cuando ha estado sometido a niveles mucho mas bajos de dichas radiaciones durante tiempos geológicos. La*

radiación extrae a uno de los electrones que constituyen un par de alguno de los átomos de oxigeno que están situados en las proximidades de una impureza de aluminio y como consecuencia, en el respectivo orbital queda un electrón desapareado. El electrón ausente recibe el nombre de hueco o agujero; el electrón desapareado residual posee un conjunto de estados excitados muy parecido al que corresponde a un electrón en exceso" (K.Nassau: 1980 p.64)

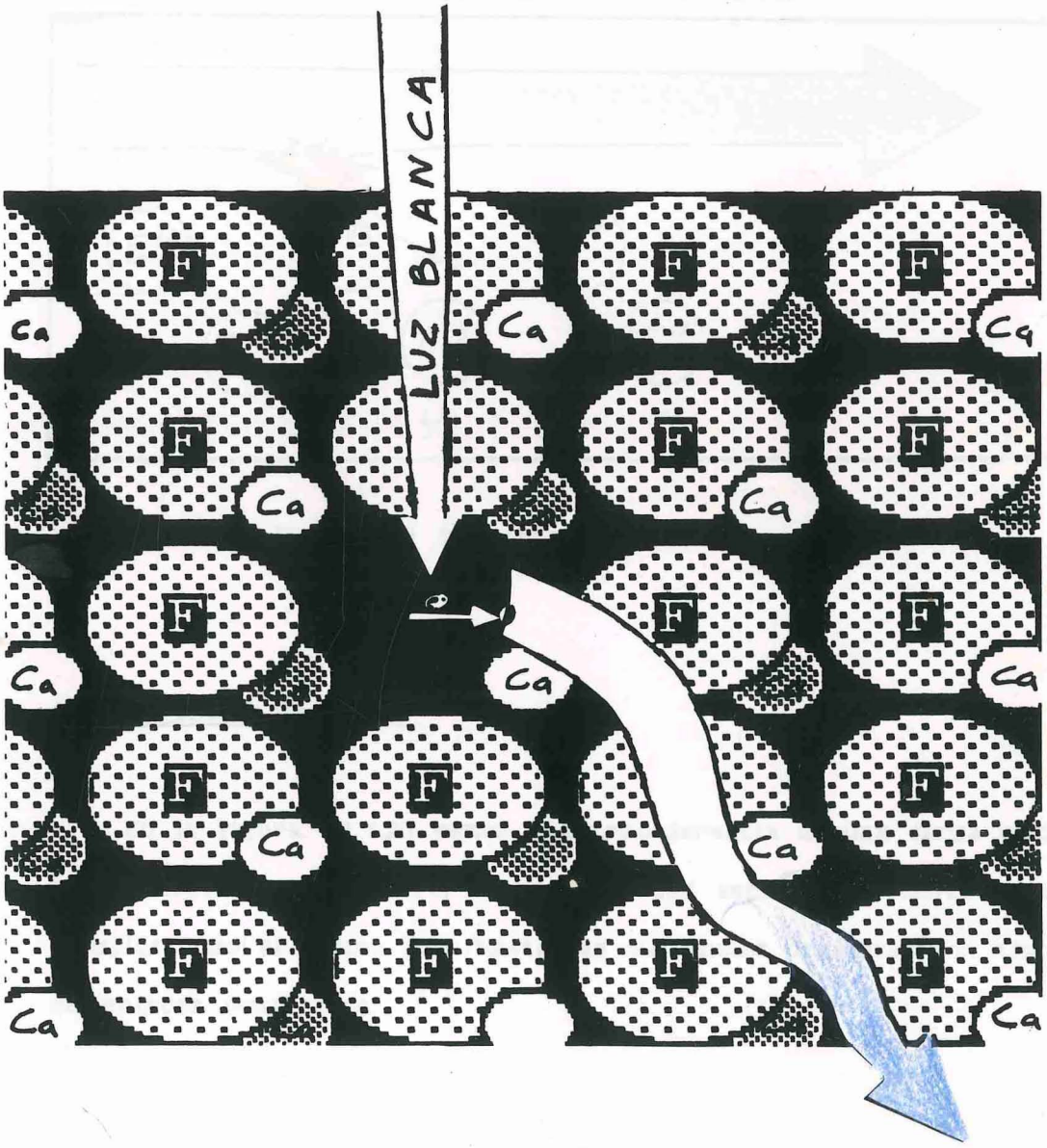


figura nº 1.29.-la existencia de un hueco el el interior de una estructura cristalina, fuerza a que se formen orbitales nuevos a los que pueden acceder electrones desapareados vecinos. (interpretación propia según textos de K. Nassau :1980 p.61)

NOTA 1.7.- Siempre dentro de estructuras critalinas, la ausencia de un ión que conforma dicho cristal, puede ser ocupado por un electrón, el cual puede acceder a orbitales creados por la propia estructura. La interacción con la energía electromagnética generalmente se realiza dentro del S.F.V.I..

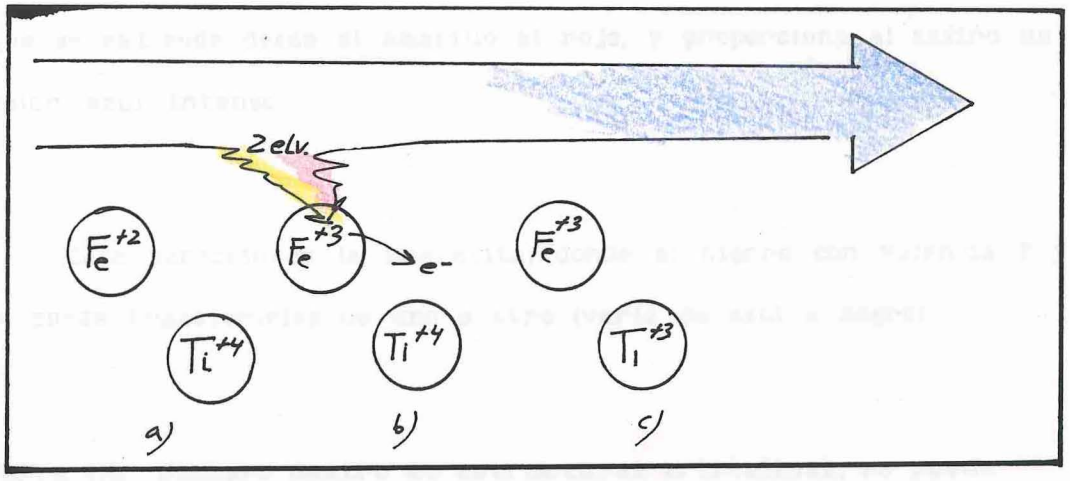


figura nº 1.30.-interpretación propia

transferencias de carga.-

En la figura nº 1.30 vemos una transferencia de una carga electrica desde un ion a otro. Esta propiedad será la constante desde ejemplos como el zafiro azul hasta las sustancias orgánicas con tipos de enlaces conjugados.

En el caso de la figura, Nassau nos dice que el zafiro azul tiene de base al corindón (como en el caso del rubí) pero cuyas impurezas son, en este caso el hierro y el titanio, que ocupan posiciones pertenecientes al aluminio. En el estado de energía mas baja,

la carga formal de hierro es +2 y la del titanio +4. Cuando se transfiere un electrón desde el hierro al titanio se forma un estado excitado y la carga efectiva de ambos iones es +3. Para que tenga lugar dicha transferencia de carga se necesita una energía de unos dos electonvoltios. Tales transiciones crean una banda de absorción ancha que se extiende desde el amarillo al rojo, y proporciona al zafiro un color azul intenso.

Caso parecido es la magnetita, donde el hierro con valencia 2 y 3, puede transferirlas de uno a otro (varía de azul a negro).

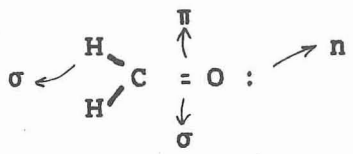
NOTA 1.8.- Siempre dentro de estructuras cristalinas, se puede dar una transferencia de carga entre dos elementos ("impurezas") absorbiendo energía electromagnética dentro del S.F.V.I..

Interacción con estructuras moleculares complejas.-

Al abandonar el mundo inorgánico, dejamos atrás las moléculas sencillas. Ahora nos encontramos con cadenas de hasta miles de elementos, con estructuras móviles, con orbitales moleculares en continuo cambio o con fenómenos todavía mas complejos.

Para ir con cierto orden, y como ya sabemos que el meollo de los posibles sucesos electromagnéticos se encuentran en la configuración orbital de los átomos (o de las moléculas, en estos casos), lo mejor será exponer directamente que tipo de niveles electrónicos poseen.

Es caso común en toda molécula encontrarnos con radicales tales como:



O sea, electrones que forman enlaces sencillos (σ), los que forman doble enlace (π) y los no compartidos o no enlazantes (n). (C. N. Rao: 1967 p.20)

De esta manera, y sin entrar en detalles , tenemos:

NIVEL ENERGETICO	SIMBOLO	TIPOS POSIBLES DE TRANSICIONES
Antienlazante σ	σ*	N-->V desde un orbital enlazante hasta un orbital de e. superior: (σ-->σ*) (π-->π*)
Antienlazante π	π*	
No enlazante	n	N-->Q desde un orbital no enlazante hasta otro de e. superior: (n-->π*) (n-->σ*)
Enlazante π	π	N-->R desde el estado fundamental hasta uno de energía muy alta, incluso superior
Enlazante σ	σ	al de la ionización de la molécula.

figura nº 1.31.-basada en C. N. Rao: 1967 p.21-24

Estas tres familias de transiciones que implican, dentro de una molécula especifica, distintos comportamientos, van a determinar los entornos electromagnéticos de dichas moléculas. Por ejemplo: las transiciones σ-->σ* y todas las N-->R se efectúan dentro del U.V. de vacío. Las n-->σ* en el U.V. lejano, y las π --> π* y n --> π* en el

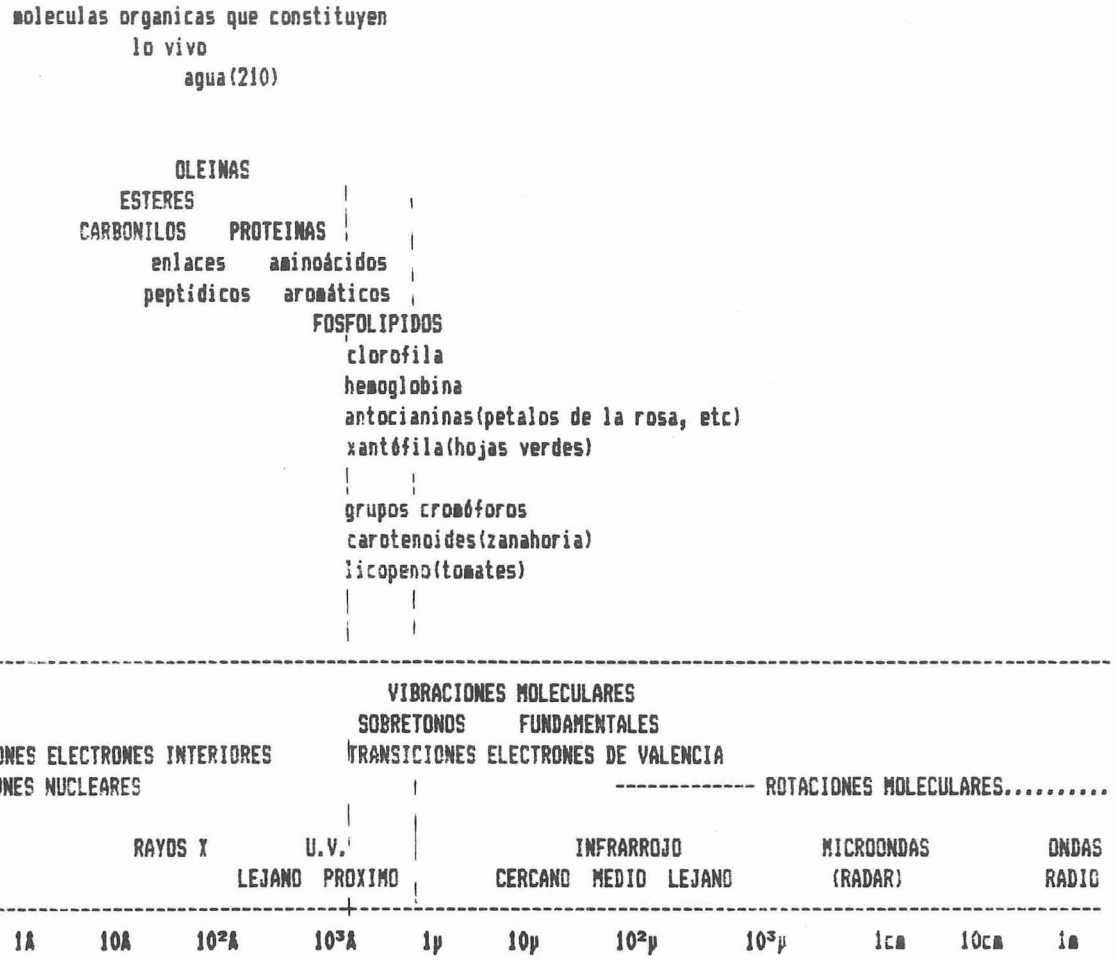


figura 1.32.- En el entorno de 4000-8000 A es donde se absorben energías dentro del visible. Como se ve, la mayor parte de las moléculas orgánicas, o lo que es lo mismo, aquello con que se constituye lo vivo lo hacen fuera de este entorno. Aunque en la figura parezca mas nutrida el entorno del visible, la verdad es que son ejemplos de fosfolípidos y algunos grupos cromóforos, que tal y como se ha desarrollado en el texto, conforman las únicas estructuras que lo vivo puede manipilar o servir de motivo selectivo a la evolución de los sentidos visuales.(esquema de construcción propia con ciertos datos basados en A.J.Aller:1987 p. 29).

U.V. cercano y visible.

Suele haber la falsa opinión de que las moléculas orgánicas trabajan con energías mas débiles que las orgánicas y que la mayoría de la materia viva presenta o "rebosa" colores intensos. Esto no solo es erróneo sino que un breve análisis de las transiciones apuntadas constatan que las biomoléculas que interaccionan dentro del visible son raras (ver esquema fig. nº 1.32). Otro caso será ver (mas adelante, claro) porqué se nos presenta "llena de color". El caso es que el espectro de las moléculas orgánicas se extiende entre 1000Å y 8000Å, siendo el visible entre 4000Å y 8000Å. Ahora bien, dada la posibilidad en toda molécula de unirse a otras, tenemos casos especiales en los cuales se dan fenómenos electromagnéticos de nueva índole y exclusi.pa figura 30 vas de las biomoléculas. Dentro del visible habíamos dicho que solo las transiciones n-->π* y π-->π* operaban en dichas frecuencias. Pues bien, dentro del n-->π* existen unos compuestos de enlace múltiple que absorben energía entre los 200 mμ y 800mμ llamados **cromóforos**, que unidos a otros grúpos denominados **auxocromos** (que por el contrario, trabajan dentro del espectro U.V. n-->σ*) rebajan la energía de absorción de dichas sustancias, incrementando el poder colorante del cromóforo.

Los cromóforos son enlaces no saturados tipo: C=C ; C=S ; C=O ; N=N etc, y los auxocromos de los tipos : C-Br ; C-OH ; C-NH2, ...etc.

A los enlaces π se les llama también enlaces conjugados y se les suele representar como una nubecilla de puntos por sus caracterísi-

cos comportamientos, tal y como se ve en la figura nº 1.33.

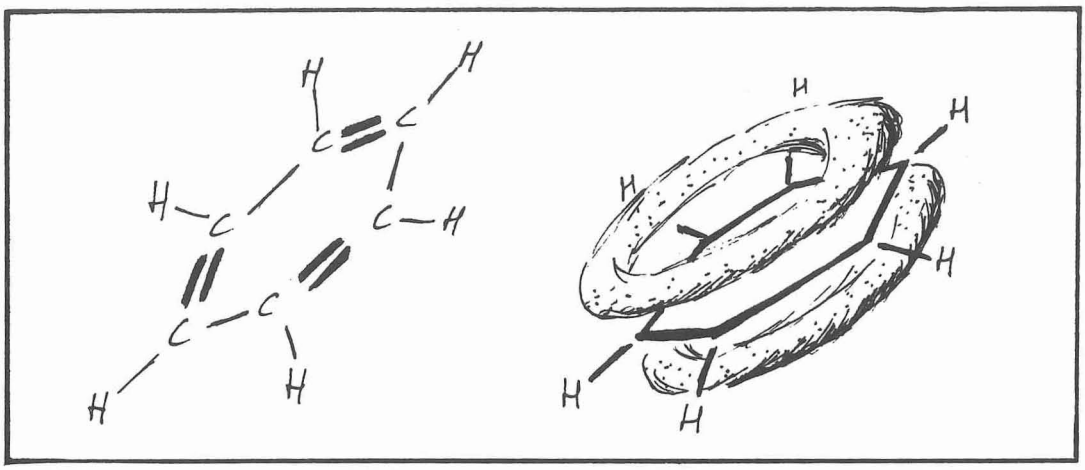


figura nº 1.33.-interpretación propia

Esto quiere decir que un electrón tiene cierta movilidad, mucha mas que en un orbital atómico. En el caso del benceno la energía de excitación sigue siendo alta (por eso es incoloro) pero normalmente estructuras de este tipo tienen energías mas bajas. Cuanto mayor es la molécula mas baja es la energía de promoción (moléculas cromófo-ras).

Los auxocromos, aceptadores o proporcionadores de electrones, funcionan a la manera de la figura nº 1.34, basando su efectividad precisamente en esa movilidad o ambigüedad de los orbitales π. Es el caso de la clorofila, la hemoglobina, pigmentos biológicos, colorantes orgánicos, etc.

También se puede provocar fluorescencias dentro de estos grupos, aunque el sistema es el mismo que en todos los casos anteriores. Solo hay una circunstancia en la cual es algo diferente: el hecho de la bioluminiscencia (luciérnagas, algunos peces, etc,) la cual está pro-

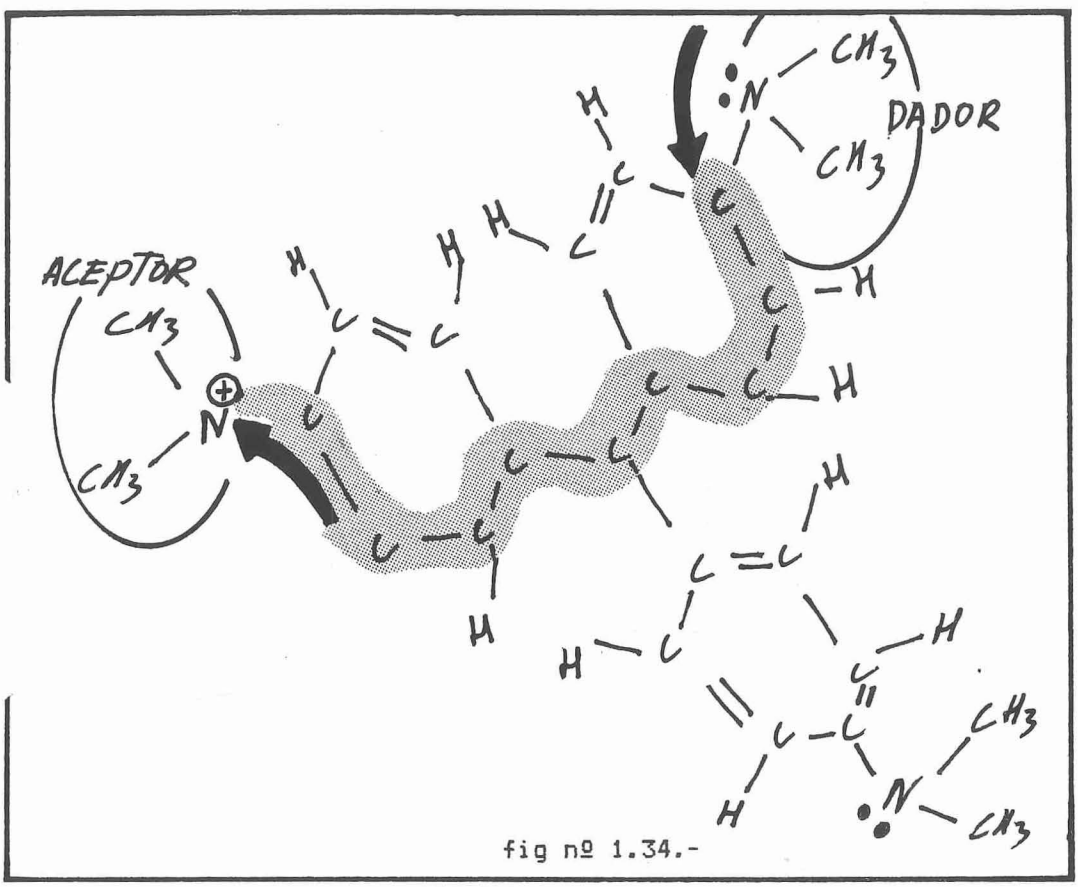


fig nº 1.34.-

ducida por una secuencia de reacciones químicas que culminan en la formación de un estado excitado de una molécula con orbitales π extensos. Pero esto tiene mas relación con el punto siguiente.

NOTA 1.9.-La interacción de la energía electromagnética con estructuras moleculares complejas se realiza generalmente fuera del S.F.V.I..

NOTA 1.10.- Dentro de las estructuras moleculares complejas existe un tipo de enlace denominado "enlace conjugado", que deja libre a los electrones por toda la molécula. En estas circunstancias y siempre en presencia de radicales cromóforos (C=C; C=S; N=N, etc) y Auxocromos (C-Br; C-OH; C-NH2; etc), se dan la mayor parte de los S.F.V.I. que suceden dentro del mundo biológico (clorofila, hemoglobina, pigmentos biológicos, colorantes, etc)

1.3.2 Biofunciones.-

Pocos fenómenos superan en importancia al de la aparición de la vida. En muchos aspectos, la vida hace que la materia adquiera formas, configuraciones, aspectos, estados, niveles, ...insospechados. Unas veces altamente complejos y necesarios, y otras absurdamente arbitrarios. Lo biológico va a tener, como el resto de lo físico, una manera de interaccionar con la energía electromagnética. Lo peculiar de este caso es el hecho de presentar muchos niveles, a cual el mas complejo.

Si con las macro y biomoléculas ya existen problemas para saber donde se encuentran los enlaces conjugados o cual es la probabilidad o las razones para que un auxocromo se asocie a un cromóforo, no son nada comparadas con las planteadas por las biofunciones. En las biofunciónes, un suceso es un elemento dentro de una cadena de acontecimientos, o lo que es lo mismo, parece como si existe para algo. Hasta ahora no nos hemos hecho ninguna pregunta de este tipo. En el mundo físico no es necesario hacerse cuestiones con intenciones teleologicas, cosa que no es tan sencillo escaparse de ellas en el mundo biológico. Aunque sea erróneo, si un fenómeno "b" intercalado temporalmente entre otros ("a" y "c"), y siendo la existencia de "c" dependiente de que se de "b", necesitamos pensar que "b" existe para algo, o sea, para existir dentro del engranaje biológico. Si tuviésemos el honor de haber estado en el momento en que por primera vez se dio el paso de "b" a "c", probablemente no nos hubiese sorprendido, incluso hubiésemos opinado de que sería una de las tantas posibili-

dades, dadas al azar, que puede desencadenar un estado o unas condiciones "b". El problema y las dudas nacen cuando uno de esos remotos o fortuitos sucesos, pasan a ser fenómenos de máxima probabilidad. No debemos, por el contrario, caer en la trampa de la disposición espacial y temporal tan aparentemente compleja y exacta de toda estructura biológica. Los mecanismos han sido explicados en el punto 1.2.3. donde trato sobre las innovaciones biológicas.

Así, en cuanto a su interacción con la energía electromagnética, vamos a tener que ser muy finos, y distinguir los diferentes estados de dicha interacción.

El primer paso es decir de que no existe dentro de la materia biológica sustancia alguna que no esté compuesta por los elementos primeros o por los explicados en los puntos anteriores. De esta manera, el comportamiento con la energía radiante será la misma que la explicada anteriormente. El segundo paso, mas especifico, viene dado por las variadas disposiciones o contexturas que va a encontrar un fotón cuando sea absorbido por un pigmento, dentro de una estructura biológica.

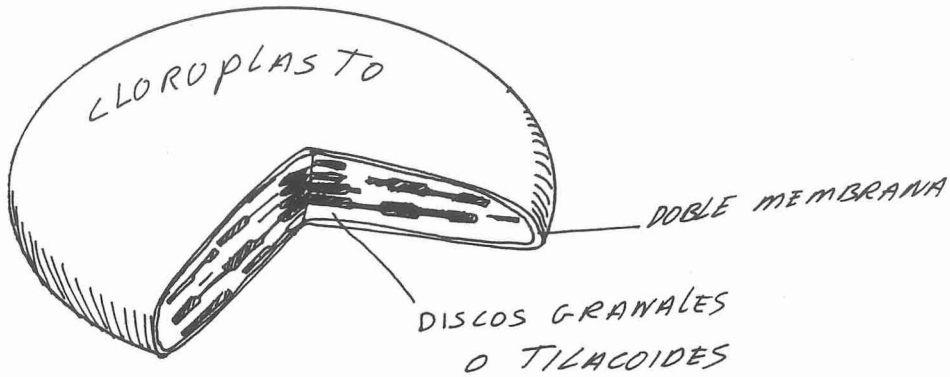
<u>foto-síntesis.-</u>

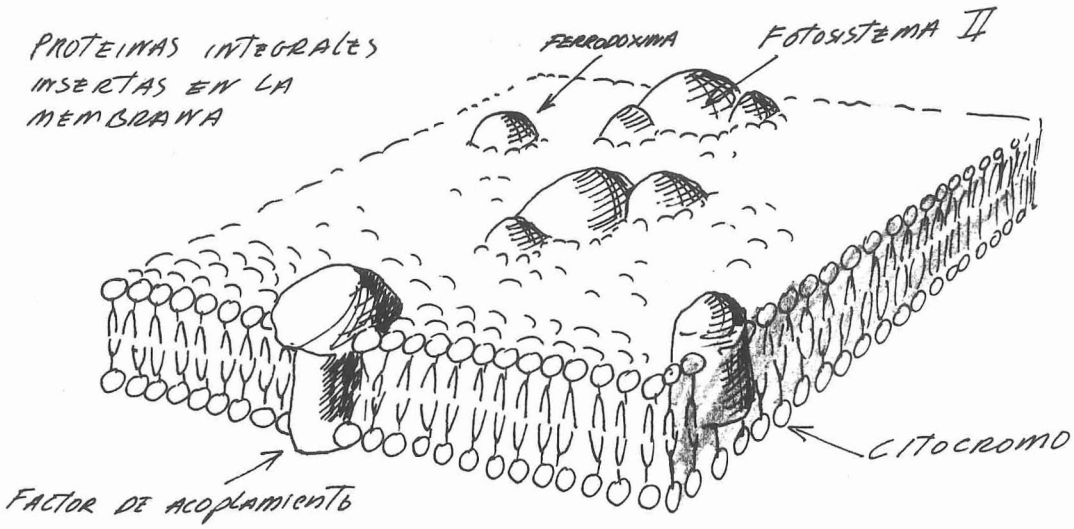
Evidentemente, la vida hace uso de la energía radiante con fines <u>tróficos</u>, así al menos nos lo dice la evolución de las especies. De todo lo vivo, solo las plantas verdes y algunas bacterias son ca-

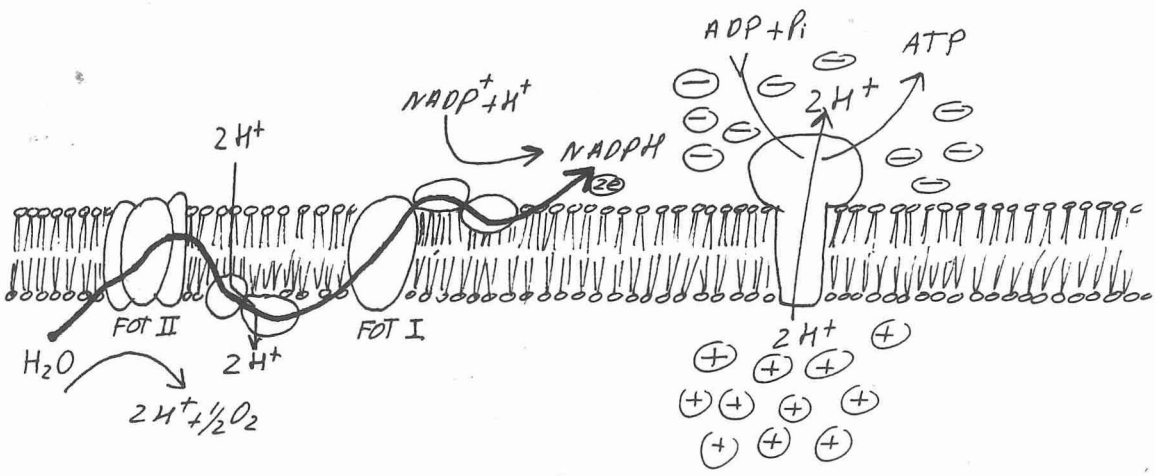
paces, gracias a la intervención de la luz de sintetizar sustancias orgánicas (fotosíntesis). Aunque las estructuras donde ocurren estos fenómenos difieren en todos los grupos fototrofos, existe algo general que nos interesa estudiar.

Solo existen tres tipos de orgánulos funcionales fotosintéticos: los cromatóforos, las lamelas y los cloroplastos. Su origen es el mismo en toda la materia viva, y lo que hace que se pueda dar la fotosíntesis es la existencia en ellos de pigmentos fotoactivos (clorofila, carotenoides, ficobilinas, xantofilas, etc). Para no tener que describir ninguno de estos orgánulos, ni extendernos mas allá de lo necesario, he confeccionado la figura nº 1.35, que son interpretaciones propias según los textos y esquemas de K. R. Miller: 1979 p.65 y 70; J.H.Morrison: 1968 p. 20, que suplen algo estas deficiencias.

Lo que he podido observar en todos los textos estudiados sobre el tema, es la generalidad y constancia con que se dan los tres puntos siguientes: **encauzamiento, cadenas de reacción y síntesis de materia orgánica**. El encauzamiento no es mas que un continuo de excitaciones electrónicas provocadas por un fotón absorbido en una molécula de pigmento que transporta esta energía de promoción hasta un lugar determinado, o centro donde va a tener lugar la fotosíntesis. Las cadenas de reacción son las debidas a la cesión de esta energía según decae hasta el estado fundamental. La síntesis de materia orgánica es el resultado final. Las siguientes reacciones globales son las mas corrientes, según a que entes biológicos se refiera:







CAMINO DE LAS CARGAS DE ENERGIA (trazo grueso) (BASADO en K. Miller 1979, p. 65)

fig. 1.35.-Interpretación propia basada en K. R. Miller: 1979 p.65-70; J. H. Morrison: 1968 p.20

$CO_2 + H_2S \rightarrow CH_2O + H_2O + 2S$	bacterias fotosintéticas verdes -sulfobacterias verdes
$CO_2 + 2H_2 \rightarrow CH_2O + H_2O$	" -filamentosas y sulfobacterias
$C_3H_4O_2 + H_2 \rightarrow C_4H_6O_2 + 2H_2O$	bacterias fotosintéticas purpóreas - sulfobacterias
$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 3CH_2O + CO_2$	bacterias no sulfóreas
$CO_2 + 2H_2O \rightarrow CH_2O + H_2O + O_2$	algas verdes y metafitas

figura nº 1.36.-(R. E. Dickinson:1980 p.83; M. Losada: 1977 p.7-9; J. H. Morison: 1968 p.23 y 24)

Lo que tiene gran interés para nosotros es la manera en que la energía electromagnética es aprovechada y utilizada en su caída hasta el estado fundamental. La molécula de clorofila tiene un claro orbital π o sistema conjugado de enlaces simples y dobles, tal y como se ilustra en la figura nº 1.39. Dicha molécula también tiene otra propiedad, y es la de poder desdoblar su energía de emisión en dos tipos diferentes de cadencia, una en forma de calor y otra en frecuencias mas largas que la absorbida, como cabe de esperar. Un fotón absorbido por una molécula de clorofila, hace que ésta se excite por el hecho de que uno de los electrones se promueva a niveles superiores de energía. En este nivel, y dado que es π, podemos decir que el electrón pertenece a toda la moléculas en sí, con cierta libertad de movimiento. A partir de aquí va a desencadenarse una serie de eventos, donde la participación de la energía fotoeléctrica va a ser determinante. Veamos los siguientes pasos:

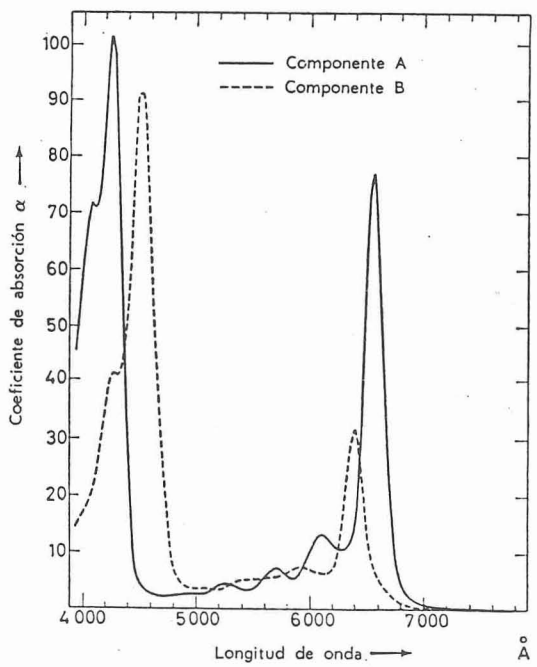
1 -la clorofila excitada en presencia de agua se desdobla en dos entidades diferentes, una oxidante y otra reductora, lo cual acaba haciendo de que el agua, así mismo, se descomponga en $2H^+ + \frac{1}{2}O^2$.

2 -Un electrón es expulsado de la clorofila y conjuntamente con un H del agua se combinará con el NADP.

3 -el hueco vacante, dejado por el electrón, actúa de oxidante, y atrae a un electrón del H^2O, con lo cual el H^2O se disocia y se produce O^2.

4 -el electrón excitado, puede, en lugar de combinarse con el NADP, volver a la clorofila, después de caídas sucesivas de niveles energéticos, a lo largo de una cadena de portadores de electrones.

En cada nivel, cede un poco de energía, lo cual si se da en presencia de fósforo inorgánico y ADP, se forma ATP (fotofosforilación cíclica).



Curvas de absorción de las clorofilas a y b[68].

figura nº 1.37.-tomado de C. N. Rao: 1967 p.259)

Esta forma condensada de las reacciones podemos completarla y aclararla mejor, explicando que hay dos tipos de clorofilas (figura nº 1.37) una que absorbe energia de luz roja (**clorofila a**) y otra de azul-verde-roja (**clorofila y carotenoides**), acoplándose los dos tipos de absorciones al siguiente esquema: (ver figura nº 1.38 y J.H.Morrison: 1968 p. 34; Kenneth R. Miller: 1979 p. 64; R. E. Dickerson:1980 p.79 y Manuel Losada: 1977 p. 10).

REACCION LUMINOSA REACCION OSCURA

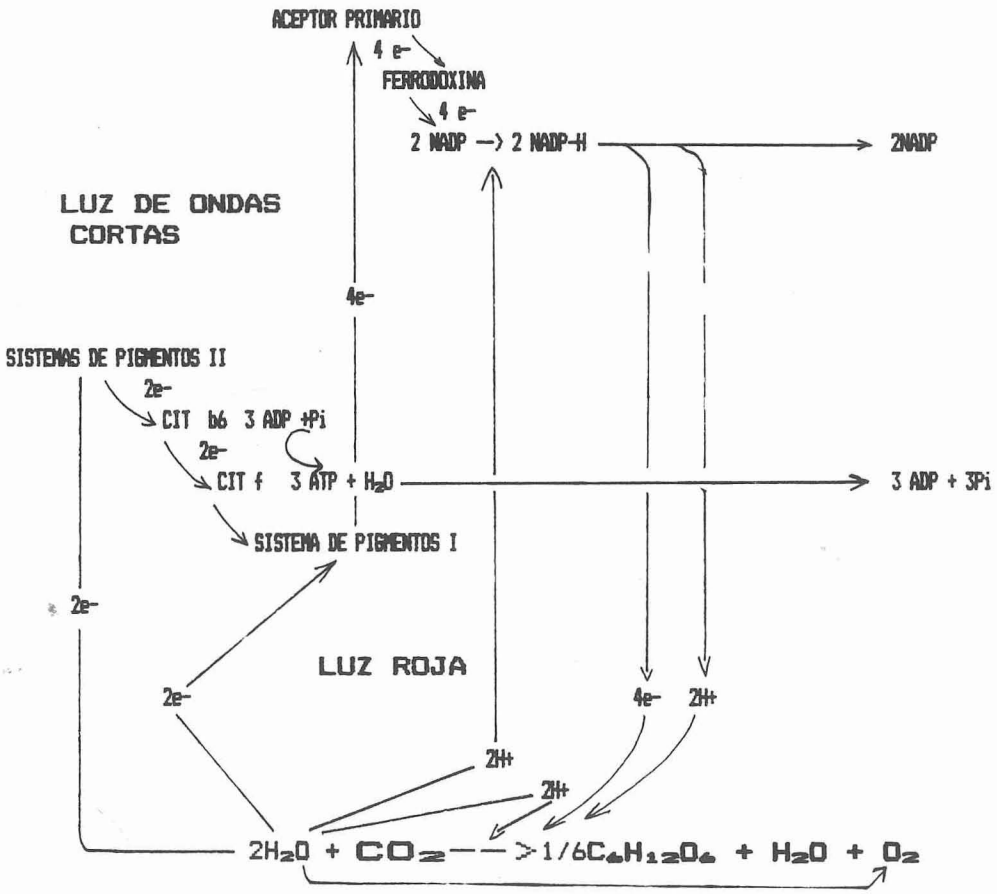


figura nº 1.38.-(interpretación propia basada en J.H.Morrison: 1968 p. 34; Kenneth R. Miller: 1979 p. 64; R. E. Dickerson:1980 p.79 y Manuel Losada: 1977 p. 10).

Todo esto se realiza en la membrana fotosintética, según unas condiciones muy especiales provocadas, por un lado, gracias a la asimetría de la membrana, y por el otro, por el encauzamiento al que nos referíamos antes. Gracias a su asimetría, la membrana es capaz de hacer que las cargas negativas (según Miller: 1979 p.62) fluyan al exterior del grana (o dilacoides), y por esta causa se crea una fuerte concentración de protones en el interior, con lo que aumenta la energía potencial del medio. En dicha membrana existen dos tipos distintos de centros de reacción fotosintética que responden a los descritos en el esquema anterior, así como a múltiples corpúsculos que hacen posible los complejísimos mecanismos de la fotosíntesis. El

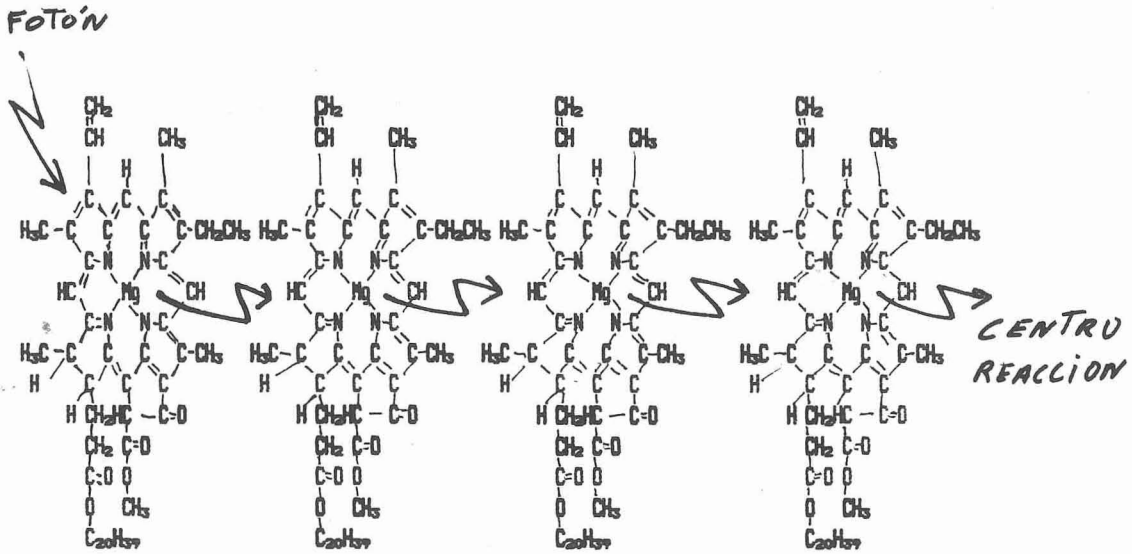


figura nº 1.39.-(interpretación propia basada en J.H. Morison p.29)

encauzamiento, tal y como se ve en la figura nº 1.39 es debido a la captación de un fotón por una molécula de clorofila la cual cede esta energía a otra molécula cercana, y así sucesivamente hasta que llegue al centro de reacción conveniente.

Si el encauzamiento hace que no se desperdicie ningún fotón, llevándolo desde el lugar de choque hasta su lugar de reacción, si nos fijamos en el esquema de la figura nº 1.38 vemos que existe una fase luminosa y otra oscura. La oscura no necesita de luz para poder reaccionar. Los productos de la fase luminosa son el ATP y el NADPH, acumulando la energía electromagnética en forma de energía química, tal y como lo expreso en los dibujos nº 1.40 (basados en las obras citadas). A su vez, en la fase oscura, esta energía química va a ser empleada para poder sintetizar la glucosa, la cual a su vez va a ser motivo de posteriores transformaciones, transporte, etc que no vienen al caso.

Resumiendo. A causa de la interacción de la energía electromagnética con una estructura biológica al uso, se desencadena una secuencia de sucesos que culminan, en una primera fase, en la síntesis de materia orgánica inestable a partir de materiales pobres en energía. Es pues una transformación de energía electromagnética en energía química de enlace. En etapas posteriores, esta materia energéticamente mas rica, va a abastecer a todo lo vivo de dicha energía. La forma de transmisión subdivide al mundo trófico en dos universos diferentes: los seres fotoergónicos y los seres quimioergónicos. Unos son

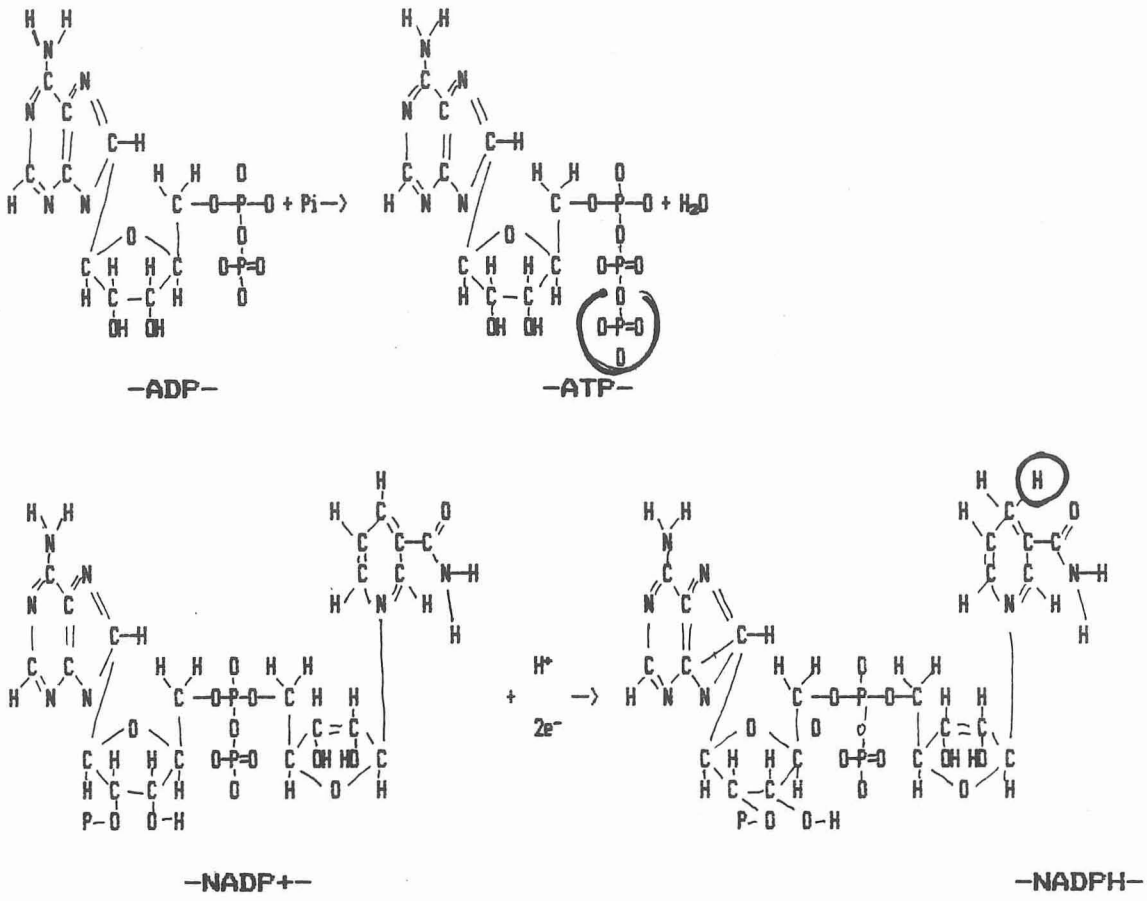


figura nº 1.40.-(según M. Losada: 1977 p.9 y K. R. Miller: 1979 p.64)

los estudiados y los otros los que en vez de poseer cloroplasto o cromóforos poseen mitocondrias (corpúsculos que han evolucionado de un ancestro común a los cloroplastos) cuya energía no pueden obtenerla del mundo inorgánico y de la luz, sino a base de cogerla de los enlaces químicos de materiales orgánicos.

foto-recepción.-

Otro ejemplo que tenemos la obligación de hablar de el, es el de los fotorreceptores. Lo mismo que en la fotositesis, la luz es encauzada y desencadenante de reacciones, pero que no culminan, como en el caso estudiado, con la síntesis neta de materia orgánica, sino con un impulso eléctrico.

El sistema fotorreceptor es bastante mas complejo que el fotosintético, ya que no es un simple orgánulo funcional sino un aparato, órgano, o sistema, dependiendo del nivel que se utilice para su estudio. Por su importancia, tanto uno como otro implican (hacen depender) a casi todo el organismo de su funcionamiento o existencia. Podemos, por el contrario, delimitar su función y ver los diferentes niveles de su actuación. Así, vemos que las funciones del cloroplasto llegan hasta un límite, y los productos orgánicos son tomados por otros sistemas o cadenas de sucesos, que ya nada tienen que ver con la fotosíntesis. En el caso de la fotorrecepción, el orgánulo que estaría al nivel del cloroplato no serían los conos y bastones sino los discos que contienen los pigmentos sensibles, o sea, todo el segmento externo del fotorreceptor.

Si nos fijamos en un trozo de disco, se aprecia (ver figura nº 1.41) claramente su membrana, que recuerda bastante a la del cloroplasto (todo lo biológico es básicamente lo mismo) a no ser por la merma en los corpúsculos insertos entre ella. Aquí solo encontraremos

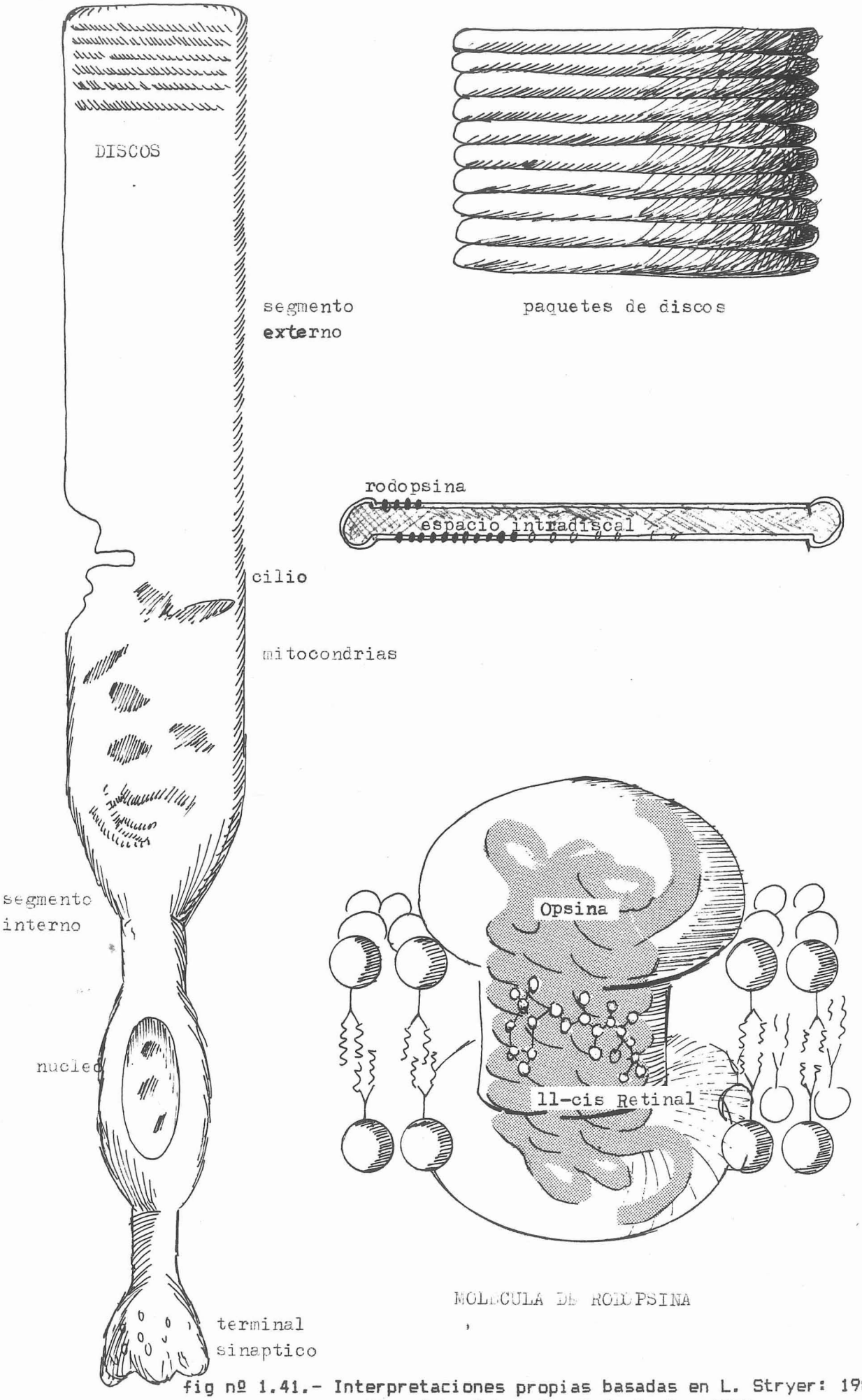


fig nº 1.41.- Interpretaciones propias basadas en L. Stryer: 1987 p. 21 y J.L. Schnapf y D.A. Baylor:1987.

la molécula de rodopsina incrustada en la bicapa lípida y algunas adyacentes tales como T.GDP (guanosin difosfato enclavado en la Transducina), PDE (fosfodiesterasa) y el GMPc (3',5' guanosín monofosfato cíclico). La molécula de rodopsina (en el caso de los bastones, ya que en el de los conos "se supone" que es parecido) esta compuesta de opsina y 11-cis retinal. La opsina es una cadena polipeptidica constituida por 348 aminoácidos, con una forma muy peculiar, enrollada en siete cuerpos helicoidales. El 11-cis retinal es una molécula orgánica derivada de la vitamina A. Se encuentra en el medio de la opsina, o lo que es lo mismo, que se encuentra rodeada de un ambiente altamente estructurado y por lo tanto, susceptible de transformación, dados posibles cambios. El retinal absorbe energías en bandas de 380 nm lo que corresponde al ultravioleta. Por el contrario, la molécula en conjunto: la rodopsina, absorbe en la banda de 500 nm que corresponde al verde. ¿Que quiere decir esto?, que estamos ante un ejemplo claro de corrimiento de la absorción por influencia electromagnética de estructuras electrónicas vecinas.

Antes de ver lo que pasa cuando un fotón incide sobre una de estas moléculas es interesante saber lo que ocurre cuando está en reposo, o sea, en la oscuridad.

La célula presenta, en esta circunstancia, una actividad muy intensa, parecida a cualquiera de las efectuadas por otras células. Su misión consiste en constantes cambios que tienden a equilibrar la célula en su conjunto. El dato que mas nos interesa es el hecho de la permeabilidad que presenta la membrana superficial a la entrada de

iones sodio, ya que la concentración de estos iones en la solución exterior del fotorreceptor está mas concentrada (otra generalidad de lo vivo). La corriente de entrada se equilibra con otra de salida de iones potasio. Esto es lo que se denomina **corriente oscura** y funciona como un motor, que mantiene la diferencia de potencial eléctrico en el mínimo, entre el interior y el exterior.

Esta situación típica es mantenida gracias a la concentración de GMP cíclico que es quien mantiene abiertos los canales de sodio. Este transmisor es el que va a jugar un papel importantísimo cuando un fotón llegue a la retina.

De esta manera podemos decir que un fotorreceptor, antes de recibir algún tipo de energía electromagnética, se encuentra en **estado homeostático**, en equilibrio, dentro de unos márgenes típicamente biológicos. Los efectos de la absorción de un cuanto de luz por parte del retinal, hace que la estructura de éste se modifique espacialmente (la forma) pasando al isómero: todo-trans retinal, tal y como lo he dibujado en la fig. nº 1.42.

La cadena causal deviene como sigue (ver figura nº 1.43 como complemento y aclaración del texto): El retinal, en esta configuración, activa a la opsina (L.Stryer: 1987 p.22-24), que en conjunto activan químicamente (actividad enzimática) la enzima transducina (TGDP). Este consta de tres cadenas, α, β y τ, estando asociado el

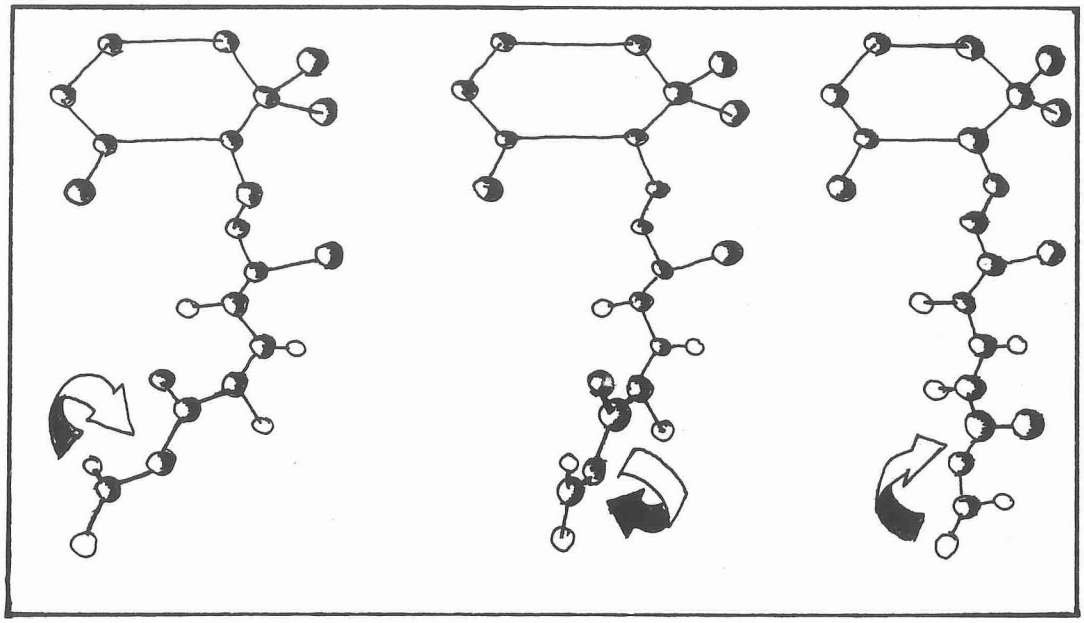


figura nº 1.42.-(L. Stryer: 1987 p.22)

GDP a la cadena α. Al activarse, el GDP pasa a GTP y la cadena α se separa de la β y γ. El Tα.GTP se asocia a la cadena γ de una fosfodiesterasa (que también tiene tres cadenas, siendo la γ la que le inhibe de hidrolizar al GMP cíclico). La fosfodiesterasa, libre del PDEγ hidroliza a los GMPc, transformándolos en 5'GMP. Consecuentemente, se cierran los canales del sodio, y la corriente oscura se hace mas lenta.

Las primeras consecuencias del cierre de los canales del sodio, son:

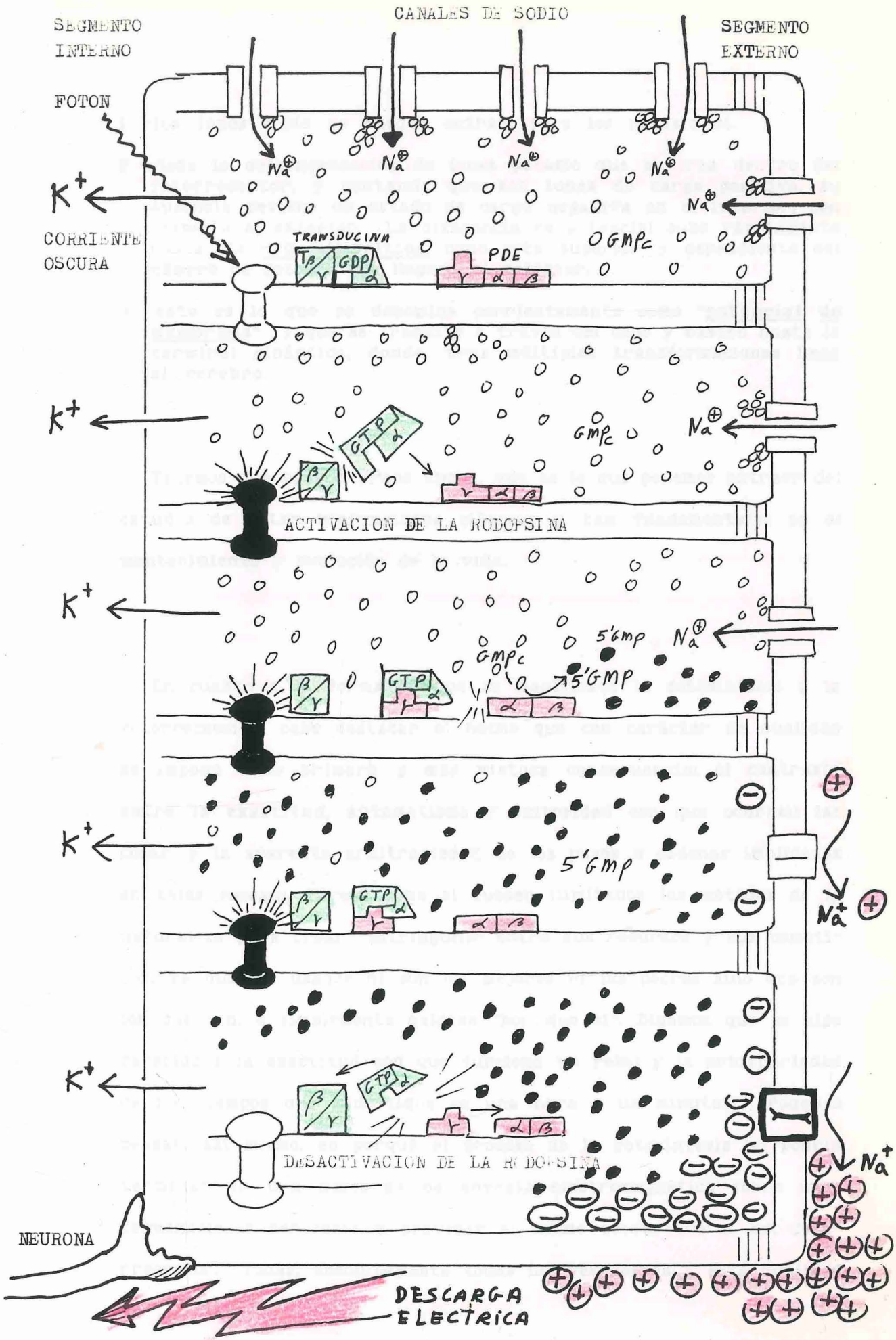


fig nº 1.43.- Interpretación propia basada en L. Stryer: 1987 p. 25.

1 -los iones sodio no pueden entrar, pero los potasio sí.

2 -dada la descompensación de iones potasio que se crea dentro del fotorreceptor, y contando que son iones de carga positiva, su ausencia deviene un estado de carga negativa en el interior, con respecto al exterior. La diferencia de potencial sube rápidamente hasta los **-70 milivoltios**, como cota superior y dependiente del número de fotones que lleguen al receptor.

3 -esto es lo que se denomina corrientemente como "**potencial de membrana**" y que se trasmite a través del cono y bastón hasta la terminal sináptica, donde, tras múltiples transformaciones llega al cerebro.

Tenemos que preguntarnos ahora, que es lo que podemos extraer del estudio de estas biofunciones clásicas y tan fundamentales en el mantenimiento y evolución de la vida.

En cuanto a la forma en que se manifiesta la fotosíntesis y la fotorrecepción, cabe destacar el hecho que con carácter de dualidad se impone como primera y mas vistosa consecuencia: el contraste entre la exactitud, automatismo y exitosidad con que ocurren las cosas, y la aparente arbitrariedad de los pasos o cadenas implicadas en tales sucesos. Parece como si fuesen ilimitados los métodos de la naturaleza para crear "intringulis" entre sus recursos y sus cometidos, ya que los usados ni son los mejores ni los peores sino que son los que son, o simplemente existen "por que sí". Digamos que es algo parecido a la exactitud con que funciona un reloj y la arbitrariedad de los tiempos que mide (¿que es una hora o un minuto?). Podemos pensar, así mismo, en porqué el proceso de la fotosíntesis no podría terminar en una descarga de energía electromagnética sobre unas terminaciones nerviosas y provocar el mismo efecto que el del fotorreceptor. Todas, absolutamente todas las respuestas a esta dualidad

solo podemos encontrarlas en los mecanismos de la evolución, ya que, tal y como diría F.Jacob," *Todo consiste siempre en utilizar los mismos elementos, ajustarlos modificando por aquí o por allá, combinarlos de forma distinta produciendo objetos nuevos de complejidad creciente. Siempre es un problema de bricolaje.*" (François Jacob: 1981 p.86).

Otra característica a destacar viene dada por la comparación entre los dos tipos de interacción. En la fotosíntesis el encauzamiento, cadenas de reacciones y producto final ocurren en el mismo lugar, o sea, en el grana y en el interior de cloroplasto. En el caso de la fotorrecepción el encauzamiento se lleva a cabo por otros órganos (sistema óptico) y el resultado-producto de la interacción, es del todo ambigua, ya que una excitación eléctrica (a estos niveles) solo puede ser un intermediario entre procesos, nunca un resultado final (en niveles inferiores, caso de las descargas que provocan ciertos peces está totalmente justificado). En la fotosíntesis, el producto es netamente eso: materia orgánica o energía química. Digamos que el producto de la fotorrecepción no es nada, de no existir otros lugares lejanos en dicho ente, donde se procese ese impulso eléctrico. La fotorrecepción es algo mas sofisticado, o sea, mas dependiente del funcionamiento "en conjunto" de otros sistemas.

Si nos fijamos en la figura nº 1.44, he creado un modelo muy esquemático para aclarar un poco las diferencias apuntadas. Según una idea creciente de la complejidad de las biofunciones se constata una

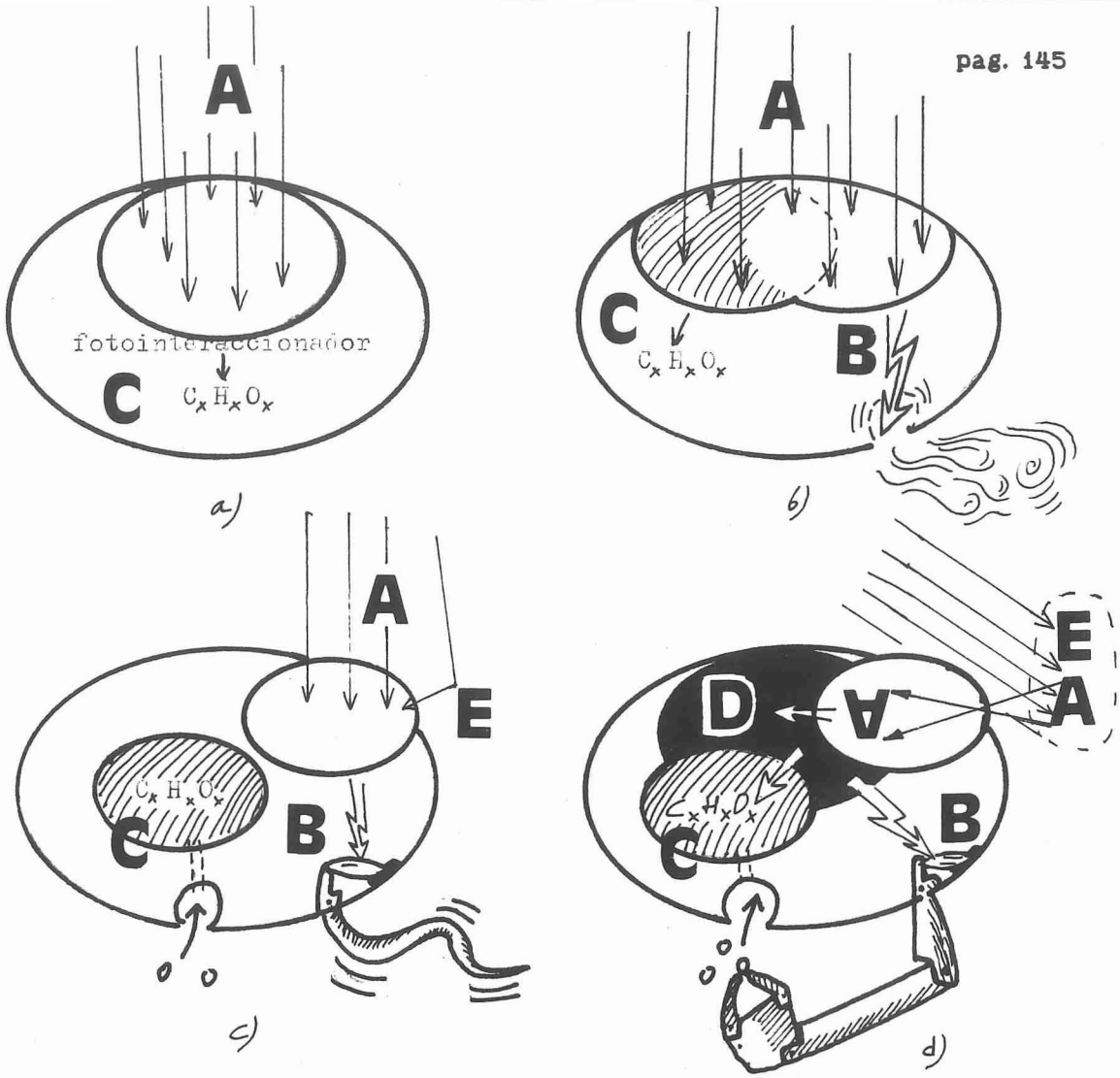


figura nº1.44.-(creacción propia)

mayor diferenciación a la par de una mayor interdependencia entre ellos, por el simple hecho de ir adquiriendo funciones cada vez mas finas. Es probable que en "d" el ciclo de la síntesis de materia orgánica sea muy similar a "a", pero aquí ya no dependerá de la cantidad de luz que bañe el organismo sino de (D) o lugar de correspondencias, coordinación, o mas concretamente, de los **SUCESOS NEURALES**.

Por lo mismo, (A) y sus productos tendrán que ver con (D), cada vez con mas exclusividad y éste es el hecho de que con simples descargas eléctricas (B) ya cumpla con su cometido. Así, y aunque

parezca que nos estamos alejando del tema, la única gran diferencia que existe entre los dos procesos es que en uno se da una adquisición de energía neta, o sea, hay una auténtica interacción con la energía electromagnética y una posterior acumulación (cual "recuerdo" de la comunicación) y distribución de dicha energía, y en el caso de la fotorrecepción hay un simple "aquí estoy" o desequilibrio momentáneo del estado homeostático. No queda nada del fotón en el receptor, solo la constancia de haber pasado.

Es curioso que sea precisamente el órgano que tiene que informarnos sobre el exterior el que trabaje con señales "sin contenido" o sustancia física transportable por los fotones. Todavía es mas curioso que la cascada excitadora de la visión sea la misma (con leves diferencias) a la de la acción hormonal de nuestros cuerpos (ver fig. nº 1.45)

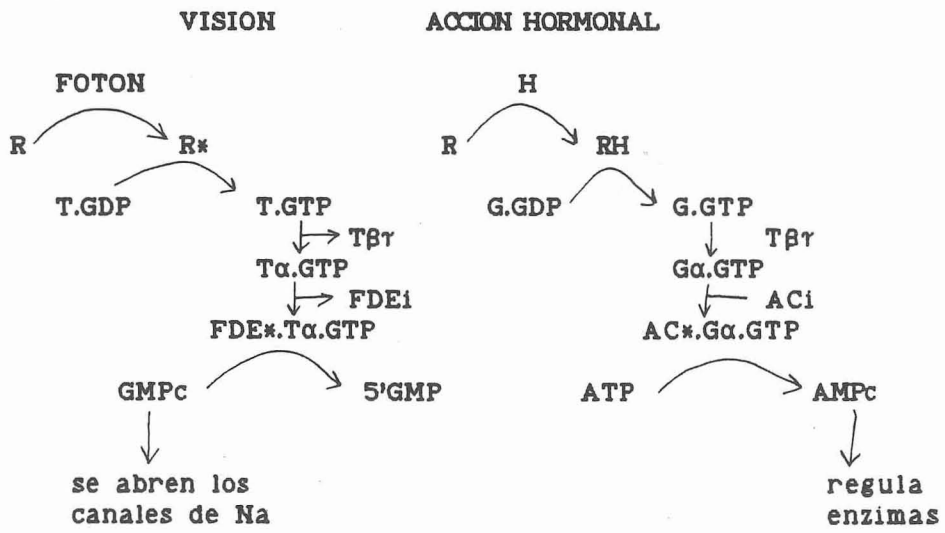


figura nº 1.45.-(L. Stryer: 1987 p.26)

¿Que quiere decir todo esto?. Lo único que podemos hacer, desde esta perspectiva, es decir que aunque las cadenas de reacciones hormonales o visuales sean iguales, o los fotones no nos dejen nada de su "sustancia" en nuestros ojos, se constata una diferencia ostensible en cuanto a las sensaciones y funciones que desencadenan, y el misterio hay que solucionarlo (si se puede) cuando hablemos de los sucesos neurales.

Así, y para terminar, podemos decir:

NOTA 1.11.-en el mundo biológico, pierde sentido hablar de simples interacciones electromagnéticas ya que los procesos y sucesos que se desencadenan a su paso, no son consecuencia directa de su interacción, sino de una disposición altamente estructurada y preparada para recibirle.

- Que no se puede hacer un prototipo de interacciónes con estructuras biofuncionales ya que difieren unas de otras y no están regidas por ninguna ley (solo las apuntadas en el punto 1.2.3. sobre las innovaciones biológicas), o sea, no hay nada que impida que un fotón interaccione con la sustancia "a" y ocurra el suceso "x", si bien, desde el mundo físico podemos pensar que es imposible. Hay las que hay.

- Lo único constatable es lo que apuntábamos al principio :dada una disposición biofuncional altamente estructurada, hay un máximo de probabilidad, dada su interacción con la energía electromagnética, de que se den sucesos (cadenas de sucesos, síntesis de sustancias, acumulaciones de iones, etc) que por contra, su probabilidad de existencia, desde un estado físico-químico, por simple azar u organización espontánea, sería igual a 0.

1.3.3.-Interacciones a niveles macroscópicos.-

Materia extensa

Tal y como hemos visto en la interacción de la energía radiante con la materia a niveles atómicos o microscópicos, ahora nos toca hacerlo a distinto nivel, para saber que es lo que pasa con esas frecuencias que salen de los átomos después de que los electrones las liberen.

Por materia extensa entiendo como toda aglomeración material en cualquiera de los tres estados: solido, liquido o gaseoso cuya extensión sobrepasa las dimensiones moleculares y comienza a ser significativa para los receptores humanos.

Tenemos que aclarar ahora un aspecto que puede llevar a confusión. Me refiero a cierta disposición espacial de la energía electromagnética, que como es lógico, son sucesos atómicos, pero su importancia se la da la biosfera, quien hace uso de ellos a tamaños macro. Son los conocidos sucesos ópticos, y serán el tema de la segunda parte de este punto. Ahora bien, el aspecto que vamos a tratar en primer lugar es una continuación del punto 1.2.1., que enunciábamos como "la transformación constante". Es la forma o proceso por el cual unos sucesos tienen mas probabilidad de que ocurran que otros.

Como ya se ha indicado, los átomos constitutivos de la materia, en condiciones normales, son limitados y están recogidos en la tabla periódica. Este agrupamiento viene dado por un factor creciente de su número de electrones, sus propiedades químicas y por otras características parecidas. Creo conveniente, como primer paso , y partiendo de la figura nº 1.46, ver con que colores contamos.

Mirando la tabla queda suficientemente claro que el color, brillo o aspecto exterior de los elementos del sistema periódico tienen algo que ver con sus propiedades atómicas e incluso químicas. Pero aún sí, tenemos que pensar que la probabilidad de encontrar un elemento de estos suelto en la naturaleza es casi igual a cero. Carbono, cobre, azufre, oxigeno, oro, y alguno mas, son las excepciones. Por el contrario, lo mas probable en nuestro mundo es encontrar a los átomos combinados.

En la figura nº 1.47 he agrupado los minerales mas comunes según sus colores mas corrientes. No solo vemos que se da una riqueza mayor de tonos y colores, sino que constata la idea que venimos manteniendo a lo largo de este trabajo: la existencia de los niveles emergentes. De no existir, todos los minerales que contengan azufre serian amarillos (o mezcla de amarillo con las radiaciones del otro componente). Un compuesto es una entidad nueva, tan "elemento simple" como lo pueda ser un electrón, y su comportamiento a la hora de intereaccionar nada tendrán que ver con las del simple. Aun así, aunque exista una probabilidad mucho mayor de encontrar a estos elementos en superficies suficientemente grandes y numerosas, también

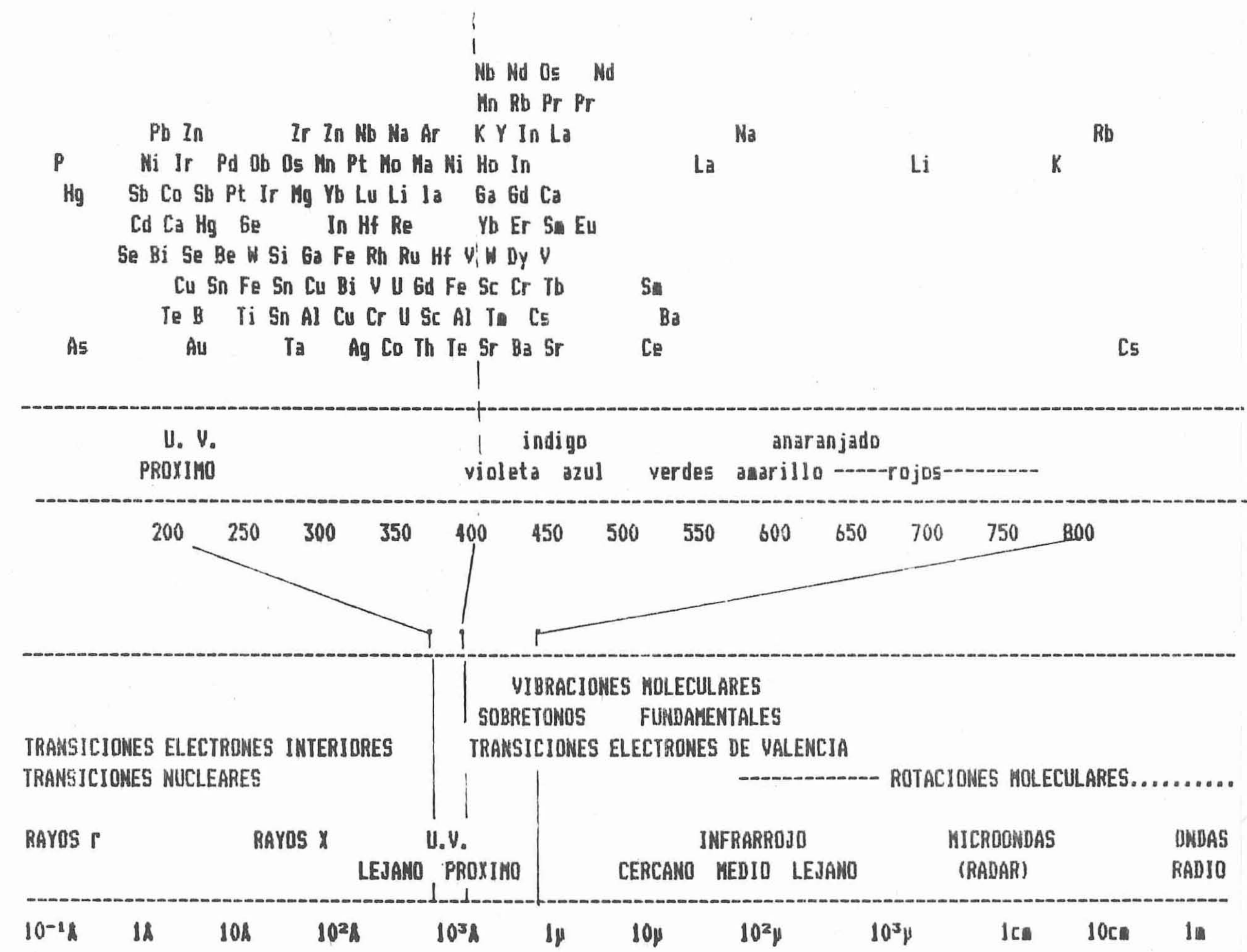
ELEMENTOS

NIVELES	H	He	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca
K 1s	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
L 2s	.	.	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2p	.	.	.	.	1	2	3	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
M 3s	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	3	4	5	6	6	6
3d	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
N 4s	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2
4p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4d	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
4f	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
O 5s	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5d	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5f	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
P 6s	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6d	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Q 7s	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
estado	G	G	So	So	So	So	G	G	G	G	So	So	So	So	So	So	So	G	So	So
tipos:	/	/	o	o	/	/	/	/	/	/	o	o	o	/	/	/	/	/	o	o
	M	M			Rc	Rc	M	M	M	M			Rc	Rc	M	M	M	M		
	S	S	S	S	P	P	P	P	P	P	S	S	P	P	P	P	P	P	S	S

NIVELES	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd
K 1s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
L 2s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2p	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
M 3s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3p	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3d	1	2	3	5	5	6	7	8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
N 4s	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	3	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4d	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	4	5	5	7	8	10	10	10
4f	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
O 5s	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	2	2	1	1	2	1	1		1	2
5p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5d	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5f	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
P 6s	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6d	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Q 7s	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
estado	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	L	G	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So
tipos:	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	Ø	Ø	Ø	/	/	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	Rc	Rc	M	M	M	M			T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	P	P	P	P	P	P	S	S	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

NIVELES	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	Cs	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg
K 1s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
L 2s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2p	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
M 3s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3p	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3d	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
N 4s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4p	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4d	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
4f	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	3	4	5	6	7	7	9	10	11	12	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
O 5s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5p	1	2	3	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5d	.	.	.	.	.	.	.	.	1							1							1	2	3	4	5	6	7	9	10	10
5f	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
P 6s	.	.	.	.	.	.	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2
6p	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
6d	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Q 7s	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
estado	So	So	So	So	So	G	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	L
tipos:	o	o	Ø	Ø	/	/	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	Rc	Rc	M	M	M	M			T	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	P	P	P	P	P	P	S	S	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	D	D	D	D	D	D	D	D	D

NIVELES	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lw	(Ku,Ha,¿)	
K 1s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
L 2s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2p	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
M 3s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3p	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
3d	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
N 4s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4p	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4d	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
4f	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
O 5s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5p	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
5d	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
5f	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	14	14	¿
P 6s	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	¿
6p	1	2	3	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	¿
6d	.	.	.	.	.	.	.	.	1	2	1	1	1	1	1	1	1						1	2	¿
Q 7s	.	.	.	.	.	.	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	¿
estado	So	So	So	So	So	G	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So	So
tipos:	o	o	o	o	Ø	/	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	Rc	Rc	M	M	M	M			T	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	Ti	T	T	T	T
	P	P	P	P	P	P	S	S	D	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	D	D



Los elementos comprendidos entre 400 y 800 mn tienen capacidad para absorber radiaciones en el visible. Como sabemos, es posible que no lo hagan o que presenten otras propiedades paralelas que modifiquen sus absorciones.
(esquema de construcción propia con datos de A.J.,Aller: 1987; Julien Bok y Pierre Morel:1972)

estado liquido:........ L
astado solido :....... So
estado gaseoso:........ G
metales:............... o
no metales:............ /
prop. inter.:.......... Ø
redes cristalinas:..... Rc
moleculares:........... M
elementos de transición:T
transición interna:.... Ti
elementos S:........... S
elementos P:........... P
elementos D:........... D
elementos F:........... F

COLORES DE LOS MINERALES MAS CORRIENTES

BRILLO	NEGRO	GRIS	PARDO	ROJO ROSA NAR.	AMARILLO	BLANCO	VERDE	AZUL	TRANSPARENTE
METALICO	oligisto OX biotita SI	galena SUR antimonita SUR molibdenita SUR bismutita SUR tetraedritas SUR pirolusita OX calcopirita OX	bornita	bornita SUR cobre E niquelita SUR bornita SUR	pirita M-SUR calcopirita SUR	cobaltita M-SUR arsenopirita M-SUR			
semimetálico	magnetita OX cromita OX ilmenita OX uranita OX wolframita W	argentita SUR uranita OX	goethita OX cromita OX wolframita W		marcasita SUR goethita OX				
vitreo	distena SI	limonita OX zircón OX scheelita W piromorfitaF olivino SI	limonita OX dialoguita C andalucita SI estaurolita SI rodonita SI carnalita SHAL rejalgar SUR	zircon OX dolomita OX sillimanita SI topacio SI	halita SHAL dolomita C giobertita C hidrocintita C anglesita SAT yeso SAT scheelita W wallastonita SI ortosa SI moscovita SI anibrigonita F	malaquita C piromorfita F torbernita F epidota SI olivino SI augita SI actinota SI	azurita C ambligonita F distena SI	silvina SHAL fluorita SHAL criolita SHAL cuarzo OX corindón OX opalo OX epsomita SAT thenardita SAT celestina SAT calcita C smithsonita C siderita C aragonito C glauberita SAT anhidrita SAT baritina SAT apatito F turmalinas SI granate SI berilo SI
adamantino			rutilo	rutilo OX cinabrio SUR cuprita OX		cerusita C			
céreo	horblenda SI grafito EL			rejalgar SUR	azufre EL	cerusita C			
nacarado					oropimente SUR	talco SI	caolinita MA-SI		baritina SAT
resinoso					oropimente SUR				
sedoso						cerusita C	serpentina SE-SI		
mate		bauxita OX		bauxita OX		caolinita SI sepiolita SI			

EL = ELEMENTO LIBRE
OX = OXIDO
SI = SILICATO
C = CARBONATO
SUR = SULFUROS
SHAL= SALES HALOIDEAS
SAT = SULFATOS
W = WOLFRANATOS
F = FOSFATOS

fig. nº 1.47.- Tabla de construcción propia

es verdad de que se encuentran en menas, estratos, filones, etc, bajo tierra o en pequeñas afloraciones en la superficie. Solo una minoría pueden formar espacios extensos, como son las playas, el mar, los bloques de hielo antártico y polar, o la masa transparente de aire.

Esto no es lo habitual. Si recordamos el punto 1.2.1., la historia de la Tierra es la que nos da las pautas de formación de estos compuestos, su metamorfosis, machacamiento, deformación, trituración, refundición, etc. La Tierra es enteramente dinámica y todavía sigue transformándose, extendiendo cada vez mas a sus elementos iniciales por toda la superficie terrestre. Esto es lo habitual, y como ejemplo, sirva el análisis químico de las rocas verdes "greenstones" perteneciente a un trozo de paisaje habitual. Las tres columnas de datos corresponden a muestras de la misma roca recogidas en lugares distanciados entre si.

SiO_2	48,30	47,40	51,37
AL_2O_3	17,02	17,18	19,47
F_2O_3	6,90	2,40	1,43
FeO	6,03	10,06	7,89
TiO_2	0,84	0,86	0,36
MnO	0,16	0,18	0,17
CaO	7,50	9,46	7,96
MgO	5,38	5,30	2,92
K_2O	0,50	0,41	0,52
Na_2O	4,87	3,69	5,09
P_2O_5	0,09	0,09	0,07
CO_2	ind.	ind.	ind.
H_2O	2,36	2,88	2,75
TOTAL	99,95	99,91	100,00

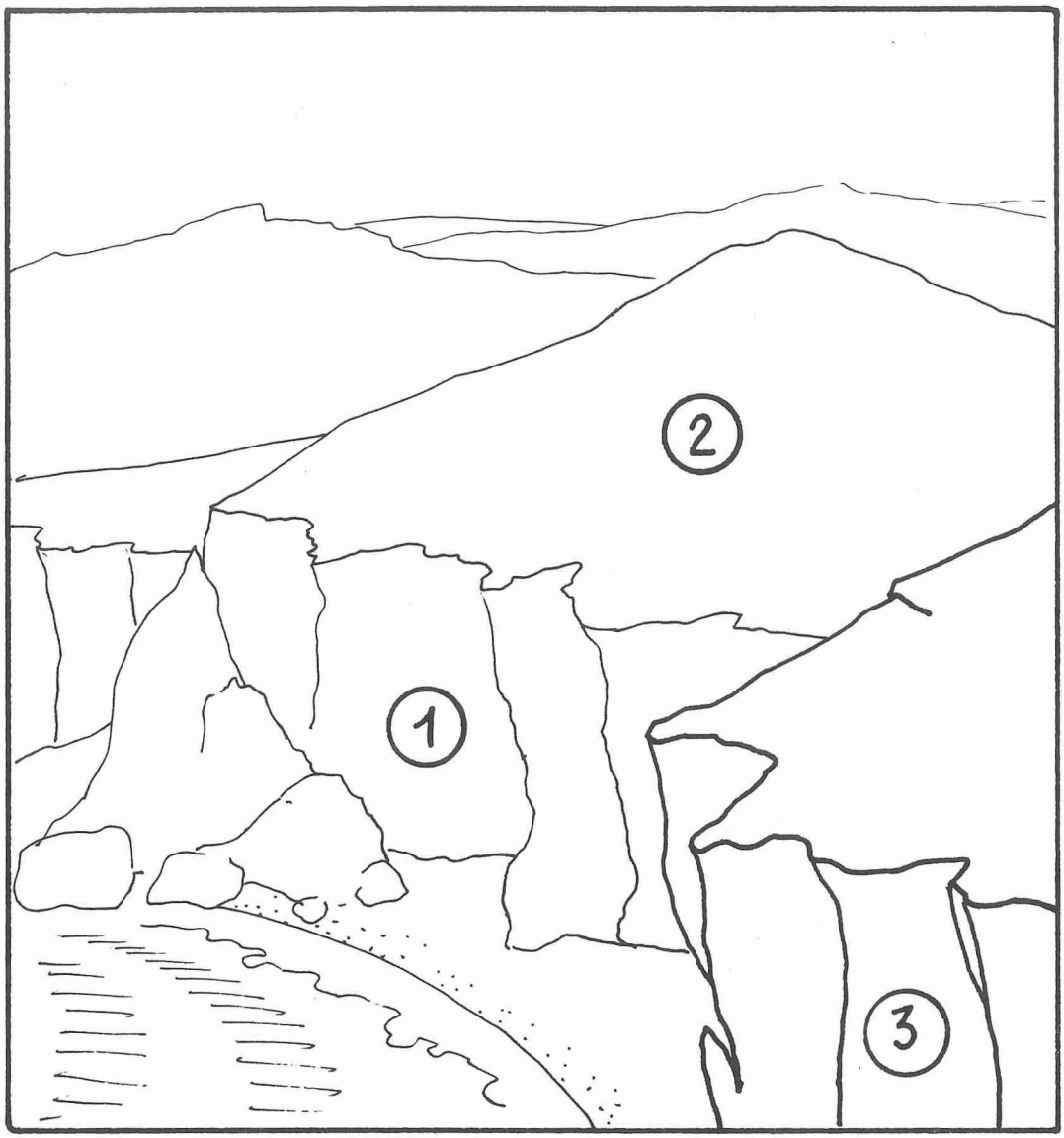
figura nº 1.48.-(Instituto Geológico y Minero de España, Mapa nº 7,

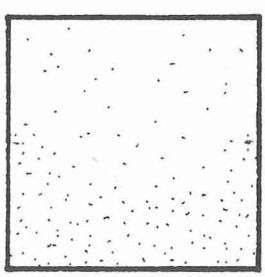
En esta simple roca, independiente de su tamaño, nos encontramos nada menos que con trece elementos combinados con oxigeno (óxidos), pero con diferentes proporciones, tanto en cada muestra como en relación con las otras dos. Son variables a tomar en cuenta: **variable de proporción y variable espacial.**

Sabemos que los elementos no se distribuyen por la roca de manera uniforme, ni siquiera que el color se deba al elemento mas abundante. Con toda seguridad, es el mas escaso , como he explicado en el punto anterior, el que proporcione el color "humanamente visible". Cromo, Hierro, Titanio, etc, lo impurifican todo. A niveles macroscópicos es también fundamental la disposición de los elementos en relación a la dirección de las radiaciones, y ya que las radiaciones sufren cambios y transformaciones a causa de las interacciones, es otro punto a tomar en cuenta el lugar que ocupa en dicha masa (relación con los elementos que le rodean) (ver "sucesos ópticos").

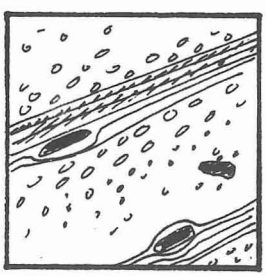
Conjuntos mas o menos extensos de estos elementos es lo que se denomina textura. Ver figura nº 1.49 donde se muestra tres texturas distinta de un mismo paisaje.

Está muy claro que todos estos puntos no son simples apostillas de un fenómeno, sino el fenómeno en sí. Al menos para lo vivo no existen dudas. Pero esta claridad que ponderamos no es mas que una terrible certeza de la tremenda dificultad y complejidad de los sucesos electromagnéticos que ocurren a este nivel. Los atómicos o moleculares no son nada comparados con estos.

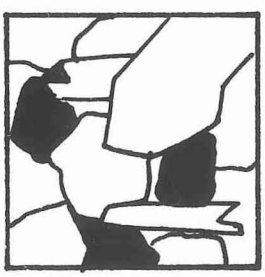




1



2



3

Debemos conformarnos con plantear el problema ya que no es necesario profundizar mas. Luego, despues de hablar sobre los sucesos ópticos, podemos explicar y reproducir en lo posible lo que sería un "ambiente electromagnético" como colofón a todo lo dicho.

NOTA 1.12 .- A niveles de masas o superficies macroscópicas, las interacciones electromagnéticas comienzan a ser significativas las variables de proporción y las variables espaciales de sus constitutivos. Así como la dirección de las radiaciones (incidentes y emitidas) y la relación electromagnética de las emisiones de unos constitutivos con otros.

sucesos ópticos.-

Por sucesos ópticos entiendo, como aquellos fenómenos que con carácter eminentemente macroscópico (si bien su génesis es atómica) presentan propiedades deducibles de la "forma" en que está dispuesta la materia, mas que de los elementos que intervienen en su composición. Esta claro que esta definición hace aguas por algún lado. De momento nos conformamos con ella. Recordemos:

-un fotón puede llegar a la periferia de un átomo y ser absorbido por un electrón de valencia, para luego ser otra vez emitido fuera de él.

-puede ser absorbido y luego descompuesto en dos tipos diferentes de radiación.

-puede no ser absorbido y continuar su marcha (transmitido)

Estos tres casos con cualitativamente diferentes y de ellos dependen sucesos a otro nivel con valores a su vez cualitativamente diferentes.

Pero en un ambiente terrestre, la energía electromagnética no está compuesta de fotones de idéntica energía, sino todo lo contrario, de una escala continua de diferentes longitudes de onda, tal y como se aprecia en la figura nº 1.50. Si introducimos en este ambiente un material cualquiera puede pasar lo siguiente:

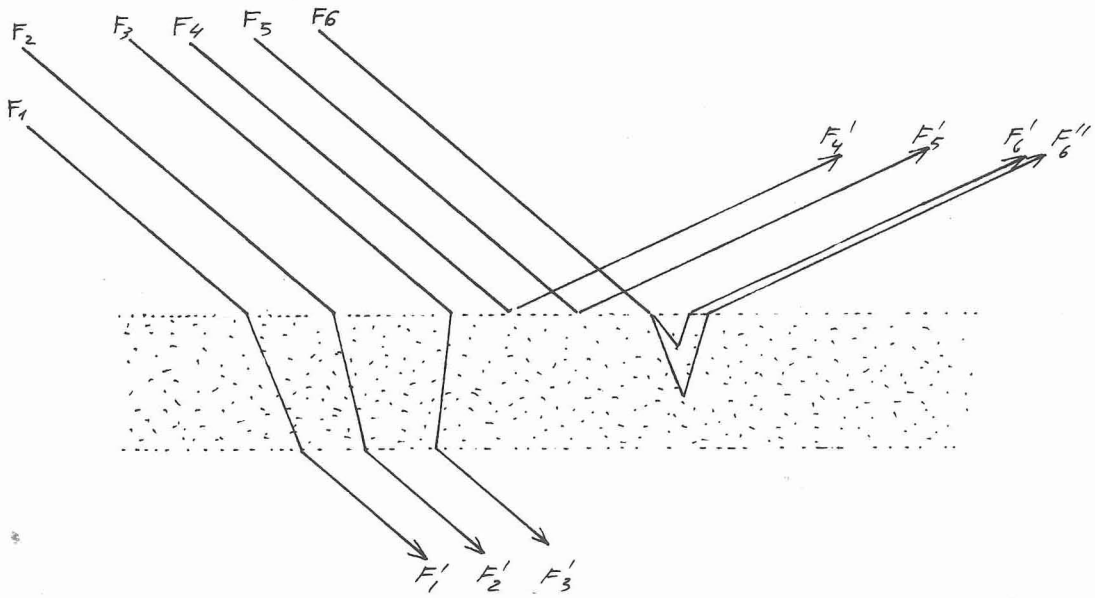


figura nº 1.50.-(creación propia)

-absorber las frecuencias f4, f5 y f6 y reemitirlas posteriormente.

-f1, f2 y f3 se transmiten (atraviesan el objeto)

-f1, f2 y f3 cambian su velocidad al penetrar en el medio, sufriendo por esta causa un cambio de dirección, cuya magnitud es inversamente proporcional a la longitud de onda (ondas largas poco ángulo de desvío; ondas cortas mucho ángulo).

-f4 y f5 son simplemente devueltas o emitidas por los electrones excitados en múltiples direcciones, pero con un porcentaje mayor en un ángulo determinado (como lo demuestran las leyes de la Optica Física) y que es dependiente del pulido y de la ausencia de cuerpos extraños.

-f6 es absorbida y emitida en dos radiaciones de diferente longitud de onda.

-la energía-ambiente resultante de tal interacción tendrá una compo nente espectral diferente.

Todo ésto son consecuencias y tienen su argumento en los puntos anteriores, pero hay tres circunstancias en las cuales se producen sucesos ópticos con importancia biológica: las interferencias, la difracción y la dispersión. Ver figura nº 1.51.

Las interferencias se producen cuando existe un sistema de ondas en el que dos se combinan entre sí para dar lugar a una nueva, cuya amplitud en un punto determinado es simplemente igual a la suma de las amplitudes de las originales, De este modo, una onda luminosa monocromática se puede desdoblar en dos componentes que siguen caminos diferentes y a continuación se combinan de nuevo. Cuando están en fase, se refuerzan mutuamente y la luz es mas brillante. Cuando no están en fase se anulan. Se observa con frecuencia en láminas transparentes delgadas, en las que una parte de la luz se refleja en la primera superficie y otra parte en la segunda.

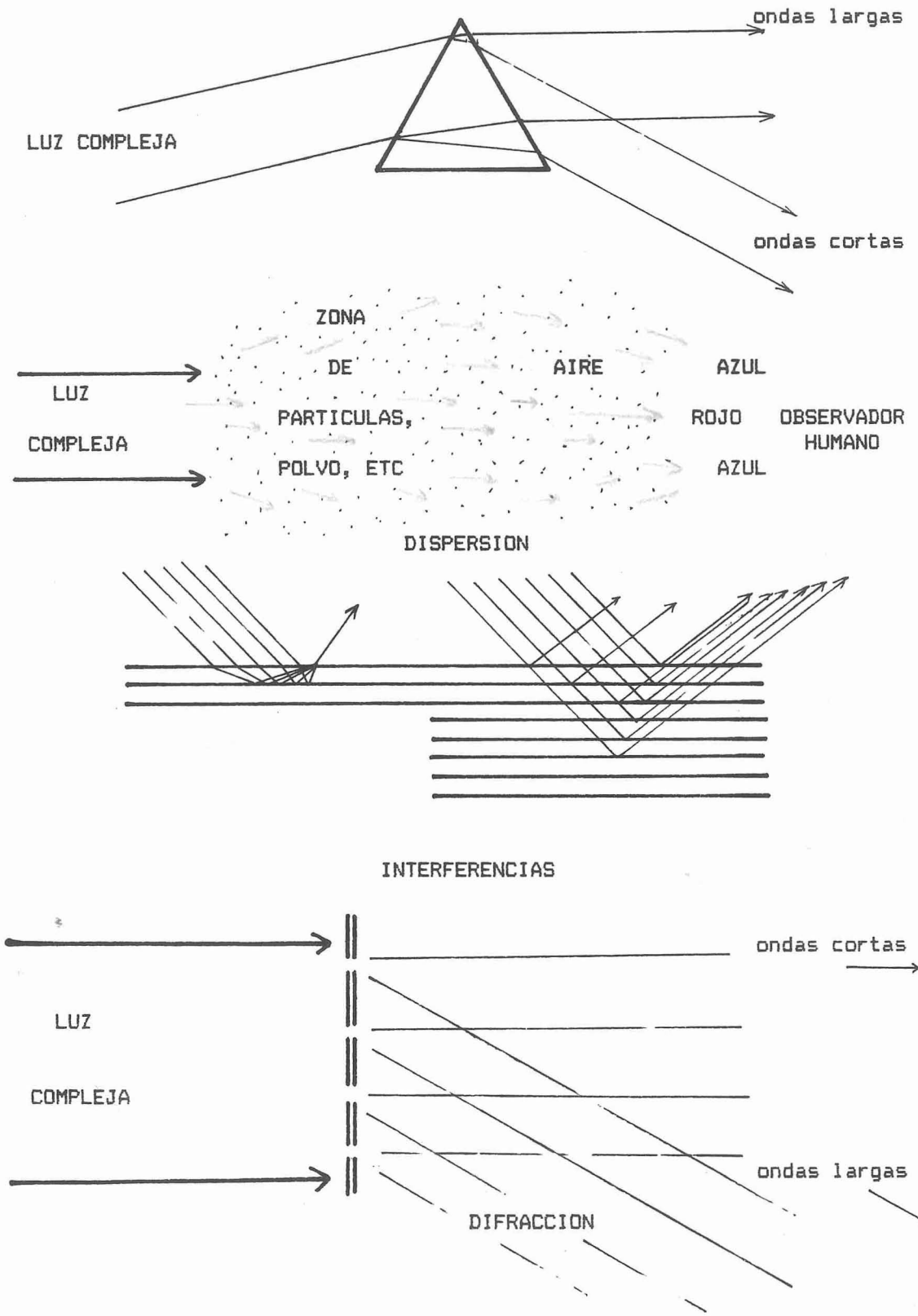


figura nº 1.51.- Elaboración propia

La difracción es la desviación que experimenta una onda luminosa al chocar con los bordes de un obstáculo opaco. La magnitud de este efecto depende de la longitud de onda de la luz. Pero tanto en el caso de la interferencia como en el de la difracción, el tamaño de la lámina transparente como el de los bordes, es determinante, ya que solo se producen a niveles muy restringidos.

La dispersión es otra de las características que aparecen cuando la luz atraviesa una zona con la cual interactúa de alguna manera (se desconoce como) con las moléculas, el polvo y las fluctuaciones de la densidad de la atmósfera. Se denota una dispersión, preferentemente de la luz azul y esta es una de las causas por las cuales el cielo es de ese color.

NOTA 1.13.- Por intervención exclusivamente biológica se explicitan tres características ópticas: las interferencias, la difracción y la dispersión.

1.3.4.-Ambiente electromagnético y Paisaje atómico.-

Este breve resumen de lo que son los fenómenos ópticos nos tiene que hacer recapacitar sobre lo dicho. ¿A quién le importa que un rayo se difracte sobre una arista de un sólido? ¿que es lo que importa de un rayo de este tipo? ¿en que condiciones restringidas se producen estos tipos de fenómenos?. Nada propiamente físico puede estar regido por acontecimientos que sean respuestas a estas preguntas. De esta manera creo necesario definir, de manera convencional, dos aspectos diferentes: lo que sería el ambiente electromagnético y por contra, el paisaje atómico.

Ambiente electromagnético.-

DEFINICION 1.4.- ambiente electromagnético: entiendo por ambiente electromagnético al conjunto-matriz de los estados posibles de la energía electromagnética, cuyos elementos vienen dados por la componente espectral existente en un espacio y tiempo dados , producto de la actuación conjunta de las variables que intervienen en toda interacción.

1) La luz radiante y 2) la disposición de la materia, son los dos elementos mínimos con los que hay que contar a la hora de cuantificar las variables que actúan por parte de cada uno. En cuanto a la energía radiante:

1) Nuestra fuente principal es el Sol. La composición espectral está expresada en la figura nº 51. Si nos fijamos en ella, el espectro es solo en una pequeña porción "humanamente visible" (también lo es para las demás especies, aunque no para todas). Pero si nos fijamos en lo que he denominado huecos, vemos que solo dos bandas nos llegan realmente a la superficie de la tierra. El resto es reflejado o absorbido por la ionosfera (ver Keosian: 1964 p.31). Tenemos un hueco en las ondas de radio y otro entre el infrarrojo y el ultravioleta cercano. Aunque esto es hablar ya de interacción, nos vale para precisar que

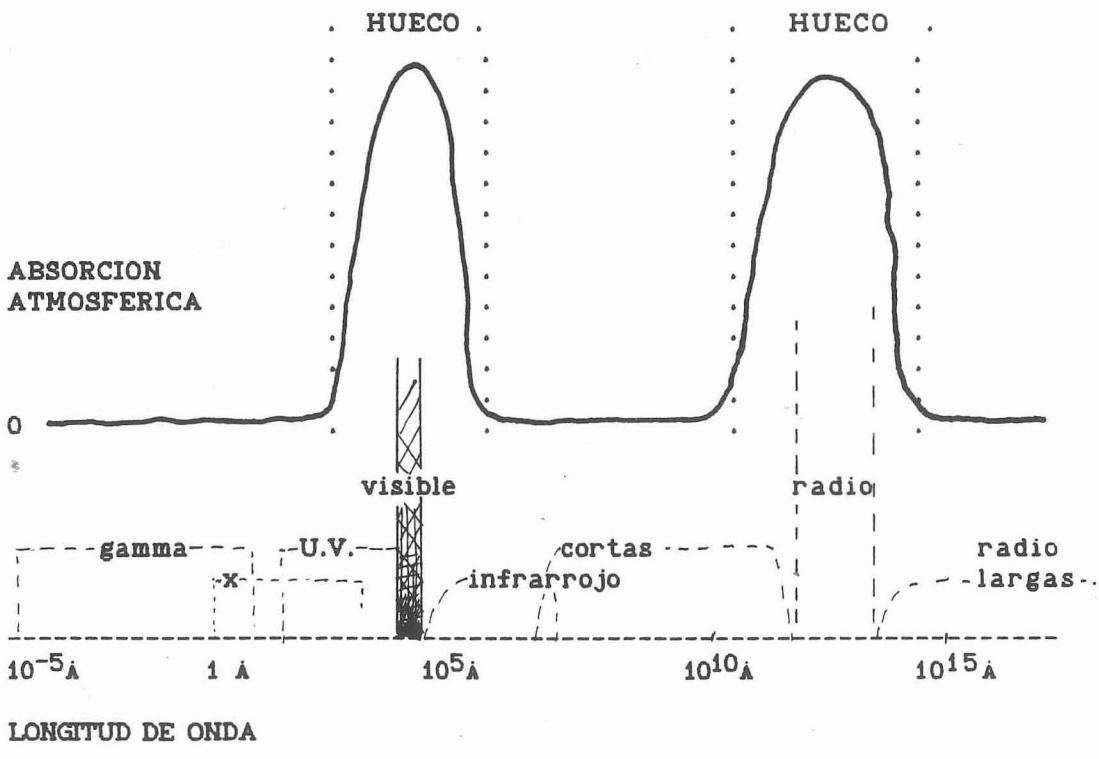
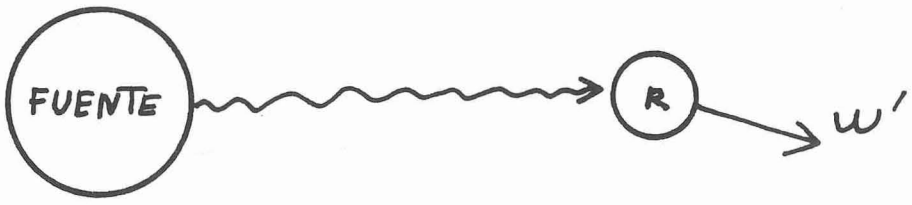


figura nº 1.52.-(interpretación propia basada en datos de Keosian: 1964 p.31)

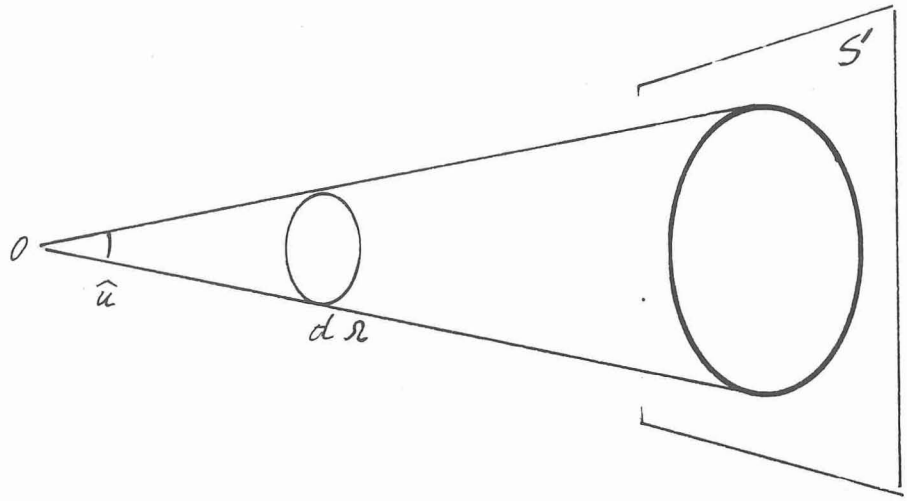
en estas bandas tienen necesariamente que desarrollarse todos los sucesos potencialmente visibles, ya que no existen otras a excepción de los rayos infrarrojos que emite la propia tierra, o los que provienen del espacio exterior, como los rayos cósmicos, ondas de radio, etc de intensidades bajísimas.

El Sol es pues la Fuente de radiación, y se entiende por Emitancia a la energía de dicha fuente. Ya que ésta depende del tiempo, toma el nombre de Flujo magnético a la cantidad de energía transportada en un segundo (también se le denomina Potencia radiada). El Sol emite una cantidad media de $0'4 \times 10^{24}$ kilovatios/s.



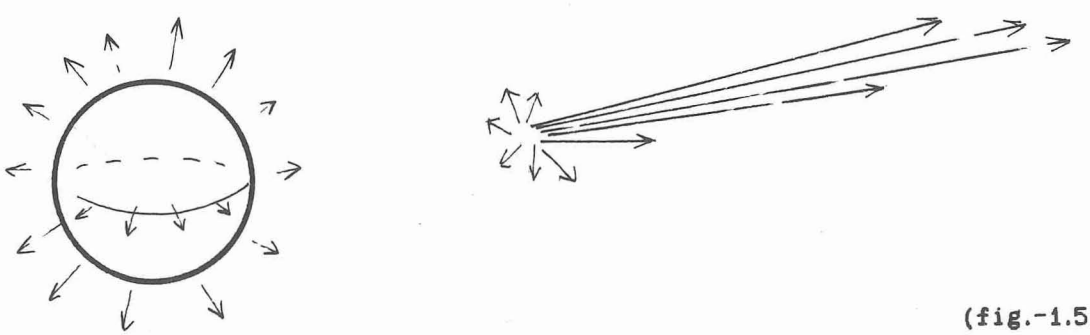
(fig.- 1.53 a)

La Física, y en este caso la Radiometría, estudian casos tales como Fuente Puntual (estrellas, etc) cuando sus dimensiones lineales son muy pequeñas en relación la la distancia al objeto irradiado. Dice también que una fuente puntual emite en un medio homogéneo, cuando los rayos son rectas homocéntricas, llamando haz al conjunto de los rayos procedentes de la fuente.



(fig.-1.53 b)

A su vez, siempre dentro de estas condiciones, si la fuente puntual emite un flujo "dp" dentro de un ángulo sólido dΩ de dirección $\hat{u}$, se le llama <u>intensidad</u> en esa dirección a la relación: $dp=j(\hat{u})d\Omega$ watios por estereoradián, estando caracterizado el haz por dicha dirección $\hat{u}$ y por su extensión, que se define como el ángulo sólido que subtiende el elemento desde O (si bien las fórmulas están de mas en un trabajo como éste, las incluyo para que se vea las interdependencias expresadas por ellas, o las variables que intervienen). De tal forma que si esta fuente tiene su intensidad radiante totalmente independiente de la dirección, a esta se le llama <u>fuente isótropa</u>, y el flujo total emitido es $P=4\pi j$.



(fig.-1.53 c)

Si la fuente no es isótropa, la superficie que representa la

variación de j con $\hat{u}$ se le llama indicatriz de la fuente. Es el lugar $OM=j(\hat{u})\hat{u}$.

Si llamamos dp' al flujo radiante que recibe el elemento de superficie ds' se define la irradiación de la superficie S' en el punto o' por la relación $dp'=E(O')ds'$.

Si el medio es transparente el flujo es conservativo en un haz o tubo de radiación y la irradiación de la superficie por una fuente puntual $E(O')=j(\hat{u})\cos\theta/r2$ varía con la orientación de superficie y decrece como la inversa del cuadrado de la distancia a la fuente.

Por lo tanto, tenemos algo denominado flujo, irradiancia, intensidad radiante, excitancia radiante, radiancia,...e incluso muchísimas mas (transmitancia, reflectancia, absortancia) lo que constata las múltiles maneras en que podemos analizar una muestra de radiación. No podemos ser exhaustivos al respecto, ni nos interesa tal sofisticación de análisis ya que solo tenemos que conocer que todo rayo lleva consigo las variables siguientes:

-variables cuantitativas, o las que se refieren al número de fotones por unidad de tiempo y/o espacio.

-variables cualitativas, o las que hacen referencia al tipo de radia ción (energía que porta un fotón, frecuencia a la que vibran, etc).

Tanto unas como otras pueden tener una escala ilimitada de gradien, pudiendo variar el número de fotones de 0 a miles de millones por unidad de superficie en tiempos infinitesimales; y tener una longitud de onda de 10^{-15} a 10^{10} cm. O sea, dada una fuente radiante, lo que nos llega, puede alterarse según la ecuación siguiente:

(cantidad) ♦ (cualidad) ♦ s ♦ t

siendo "♦" cualquier relación matemática y que corresponde a los físicos el inventarlas, tal y como lo han hecho con las anteriores. De esta manera, la ecuación que hemos hecho, resume de manera muy genérica y fácil de comprender, las variables que porta toda energía radiante. Esto no tendría nada de especial si no supiésemos de antemano que la composición de la luz solar que nos invade cambia constantemente los dos parámetros en cientos de miles de unidades en las dos dimensiones "s" y "t".

2) Por parte de los estados de la materia, tenemos todo lo enumerado en los capítulos anteriores: 1) excitaciones electrónicas de átomos libres; 2) vibraciones atómicas y moleculares; 3) transiciones en bandas (conductores, semiconductores, impurezas); y 4)transiciones moleculares (transferencias de carga, enlaces π), a los que tendríamos que sumar las consabidas biofunciones. Esto podríamos denominarlo "tipo" de interacción, con lo cual algo parecido a:

(cantidad) ♦ (cualidad) ♦ s ♦ t ♦ TIPO

nos daría la composición espectral y la cantidad (intensidad) de energía después de una interacción. Pero en un ambiente electromagnético hay muchas mas variables.

A todos los confines del espacio, a cada punto infinitesimalmente pequeño, llegan los productos interactivos, o sea, la ecuación anterior...¿Cual sería entonces la composición que pasaría por "a" en un tiempo dado?, ¿Hay algún modo de saberlo?, ¿Existe alguna constante o algo universalmente presente en dicha composición?.

Es muy posible que si encontrásemos algún lugar del universo donde no ocurran sucesos electromagnéticos éste sería un "estado electromagnético", con lo cual a veces nos puede resultar muy difícil separar a estos fenómenos de lo que es la materia en sí. Quizás las necesidades de diferenciar fenómenos de aparente disparidad para así poder analizarlos mejor nos muestre ahora su arbitrario nacimiento. Mas que ayudarnos nos confunde, ya que de existir alguna constancia en todo esto es precisamente el "estado electromagnético" de cualquier tipo de materia. No nos corresponde a nosotros resolver tal dilema, solo evidenciarlo.

Ahora bien, precisamos conocer mas variables y según muestro en los dibujos de la figura nº 1.54, he compartimentado una zona del espacio a modo de coordenada tridimensional. Si convenimos en dar a cada subdivisión una distribución al azar de los valores e índices del

TIPO de interacción y hacemos que un chorro, ángulo sólido o rayo de radiación lo atraviese, se constatan las siguientes características (recordar figura nº 1.50 y comentarios):

- A≠H. La composición de A y H no es la misma. Otro tanto ocurre con B≠C≠D≠E≠F≠G.

- Por su disposición espacial, la probabilidad de que F o C reciban la misma energía, es nula.

- Si C ocupase el lugar de F recibiría otra energía y su respuesta a la interacción podría ser distinta. No se deduce de esto que recibiría la misma que F.

- Ya que la probabilidad de que dos zonas distintas del espacio (al margen del estado electromagnético que lo ocupe) que reciben energías de una misma fuente sean, así mismo diferentes, es también obvio que las dimensiones de dicha diferencia (cantidad y cualidad en s y t) se basan mas en la composición del entorno que le rodea que en la distancia. Digamos que la distancia todavía no existe y que podemos enunciar como principios de la relatividad de la mesura, el tamaño o la medida a dicho entorno o disposición electromagnética.

- Otra característica muy importante viene dada por el hecho de la existencia de zonas en las cuales todos los puntos de dicho espacio reciben al menos un tipo igual de energía, entre los infinitos gradientes que la atraviesen. Si pensamos un poco en lo dicho veremos que tal y como represento en la figura nº 1.55 un mismo punto puede pertenecer a múltiples zonas de la característica apuntada. Esto también es válido para los espacios que absorben, emiten, descompo nen, etc, no solo para los que reciben.

- Si es verdad que existen estas zonas, también lo es el hecho de que entre ellas tiene que existir una zona de paso, o sea, una zona donde se de un cambio brusco en cualquiera de las variables que estamos apuntando. Esto constituiría una <u>frontera</u>.

Si queremos ser coherentes con lo que hemos planteado, no nos queda mas remedio que admitir que en cualquier punto del espacio hay energía proveniente de la casi totalidad del universo conocido, así como el paso de las infinitas fronteras entre zonas de diferente gradiente energético. Esto puede ser tanto una perogrullada como una

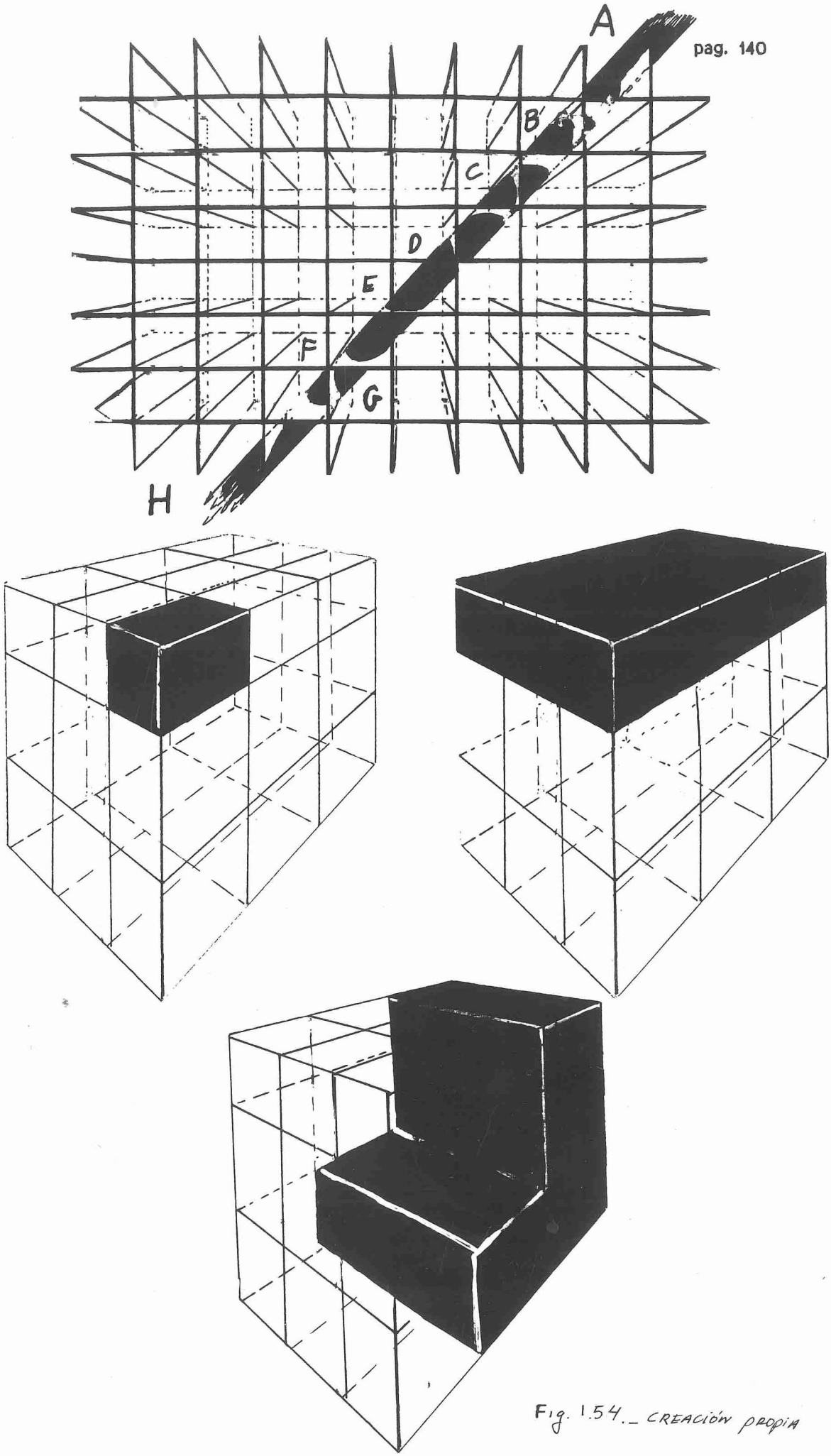


Fig. 1.54._ CREACIÓN PROPIA

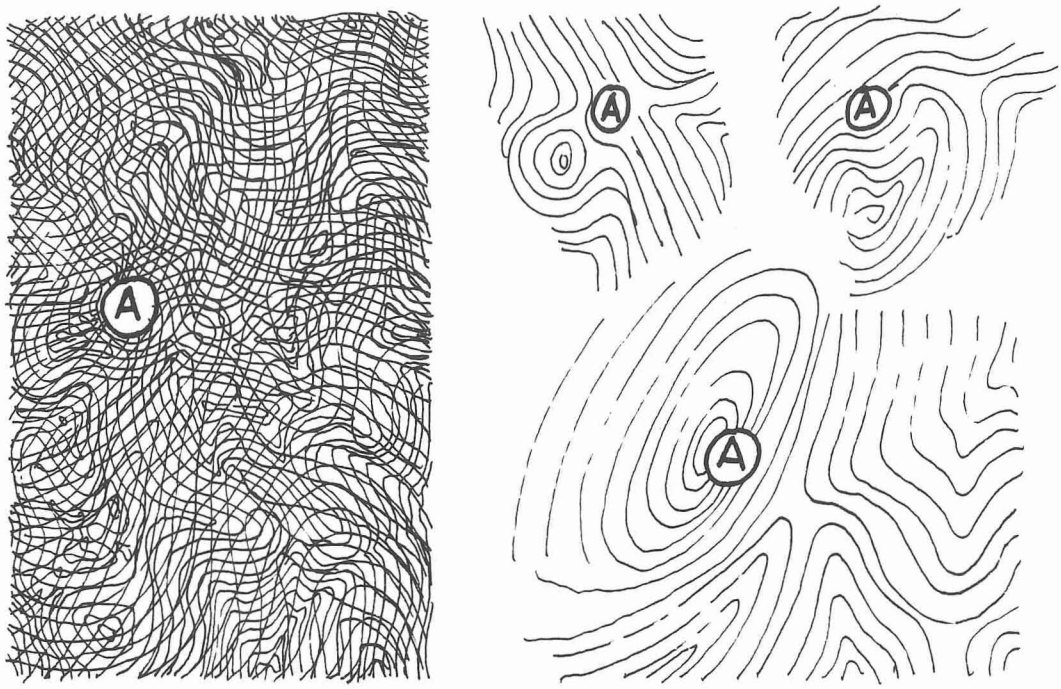


figura nº 1.55.- Si las líneas son marcas de tránsito entre dos zonas de composición o de cantidad distintas de energía electromagnética, cualquier punto "a" puede pertenecer a infinidad de mapas según que marco o que zona del espectro se utiliza como referencia.(interpretación propia)

estéril generalidad que nos meta en un callejón sin salida. No hay cuidado. El problema no está en admitir lo planteado, ya que en nada contradice a la Optica Física y a ninguna ciencia. Las dificultades nacen cuando tengamos que describir como lo vivo es capaz de valerse de esta disposición y distribución de la energía.

Así, antes de hablar sobre el segundo concepto, el de "paisaje atómico", veamos las nuevas variables con las que contamos:

-el lugar que ocupa con respecto a los demás: C (x,y,z)

-y el tipo de frontera al que pertenece (F).

Esto hay que entenderlo, sobre todo, para la energía que es resultado de interacciones, mas que para los elementos y puntos del espacio. La ecuación nos quedaría así:

(Ψ cantidad) ♦ (Ψ cualidad) ♦ (t) ♦ (s) ♦ TIPO ♦ C (x,y,z) ♦ (ΨF)

Donde Ψ expresa la <u>indeterminación</u> a la hora de cuantificar los valores de esas variables, o lo que es lo mismo, que un ambiente electromagnético es , por definición, <u>caótico</u>. Ahora bien, quien nos aclarará mejor el concepto y función de (F) será el de paisaje atómico, que paso a definir seguidamente.

NOTA 1.14.- Dado un tipo de energía electromagnética (p.ej. la solar) y un entorno material suficientemente extenso y complejo (entornos naturales o habituales) la energía electromagnética que pasa por un punto cualquiera en un tiempo dado está sujeta a la actuación de las variables siguientes:(Ψ cantidad) ♦ (Ψ cualidad) ♦ (t) ♦ (s) ♦ TIPO ♦ C (x,y,z) ♦ (ΨF)

<u>Paisaje atómico.-</u>

DEFINICION 1.5.-<u>Paisaje atómico</u>=. Entiendo por paisaje atómico a una familia de estados determinados del "ambiente electromagnético", causado por la constancia, repetición, restricción, etc en una cualquiera de las variables que intervienen en toda interacción.

Evidentemente, toda restricción hace que la indeterminación sea menos abrumadora, si bien, tal como veremos, sigue siendo la tónica general. ¿Que supone de novedoso el hecho de existir una restricción?. Veamos: si la restricción se produce en las variables cuantitativas, tendremos una serie de cantidades de fotones por unidad de superficie que no intervienen, o lo que es lo mismo, que es probable que no causen con su presencia posteriores sucesos. Si las restricciones son en las cualitativas tendremos, al igual que en las anteriores, ciertas frecuencias o longitudes de onda que no "causan" o simplemente que no están presentes. En cambio, las restricciones en F son interdependientes con las dos anteriores y con (C). Digamos que las restricciones en cantidad y cualidad merman las posibilidades o ya definen las fronteras.

Es decir, para que se definan fronteras es necesario que exista una porción de materia cuya disposición electromagnética sea capaz de causar o producir cadenas de sucesos en otra. Con esta definición todo elemento que absorbe energía en una banda estrecha del espectro, define una frontera. Por otro lado, no se conoce materia que no absorba algo, tal y como dijimos anteriormente, existiendo infinitas posibilidades al respecto. Como es natural, este concepto no está pensado para la materia física, sino para las biofunciones a las que nos referíamos en capítulos anteriores. El auténtico significado de "causar" solo lo encontraremos en este entorno.

En los humanos, nuestro sistema visual es, en primera estancia,

restrictivo en cuanto a la frecuencia de las radiaciones (de 400 a 700 nm) y altamente sensible en cuanto a la cantidad mínima (es capaz de captar un solo fotón). De todas formas esto no es exacto ya que el sistema visual cuenta con cuatro tipos diferentes de materia receptora cuyas restricciones se solapan. Por cada tipo capta una frontera y la sensación unificada es producto de todas ellas, tal y como conjeturan algunos científicos (ver "teoría retinex" mas adelate).

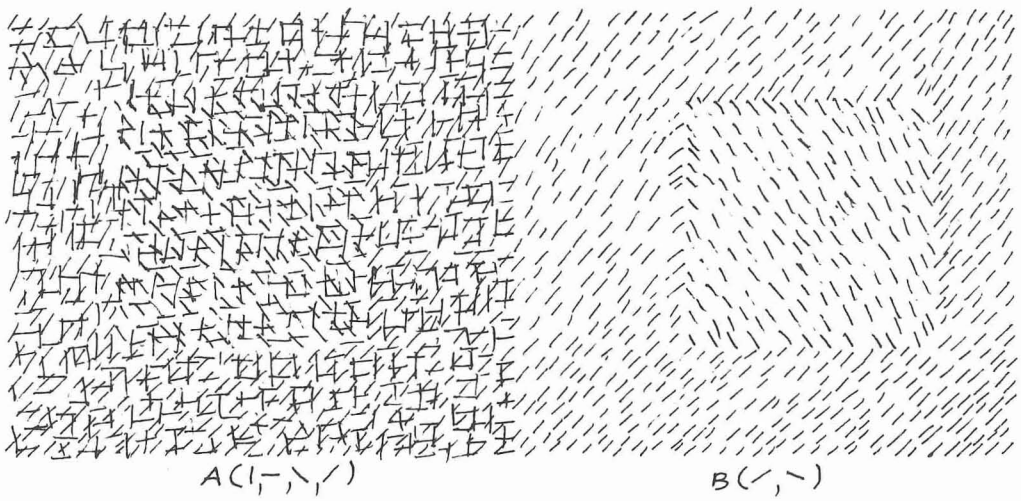


figura nº 1.56.- Como en la figura anterior (fig. 1.55), si decimos que "a" es el ambiente electromagnético, "b" sería la parte de "a" tamizada por un receptor a los tipos de energía "\" y "/". (interpretación propia).

La materia, tal y como vimos al hablar del ambiente electromagnético, se nos presenta como un gran "tamiz", y dicho ambiente es su resultado. El paisaje atómico, siempre con este lenguaje metafórico, se nos presenta como el resultado de unas "condiciones de laboratorio" en las cuales se evidencian o denotan dichos tamices. El secreto

en el que se basa el poder resolutivo de toda restricción, es en el de crear unas zonas "vacías" sin capacidad de causar, en las cuales y por contraste se multiplica el rasgo de frontera (ver figura nº 1.56). Este es un hecho que se evidencia en el caso de las interferencia, la difracción y la dispersión. Como ya he comentado son sucesos "biofuncionales" en el sentido de que solo existen en el margen del espectro visible, al que es sensible casi todo lo vivo. Mas allá de estos márgenes no se producen (o se producen otros) tal y como se ve en la figura nº 1.51).

Resumiendo, la energía con capacidad para causar que es, por esta razón, absorbida por la retina de nuestros ojos (Paisaje atómico que luego procesará el cerebro) no son mas que restricciones al ambiente electromagnético. De esta manera, para los humanos nos es significativo la forma o configuración que toman las fronteras, ya que para nosotros constituirá los límites de las cosas o de los objetos. Es por esta razón que términos como textura y orientación pasen a la actualidad por sernos de vital importancia en nuestra comprensión y dominio de la realidad estética.

Ahora bien, estas condiciones de laboratorio no son la panacea de nada. Nuestro entorno electromagnético sigue siendo un caos, puesto que los componentes espectrales que encontremos en un punto determinado del espacio seguirán variando según la energía que proviene de una realidad cuyas variables siguen siendo (como hemos visto en "interacciones a niveles macroscópicos"):

-composición atómica y química

-distribución espacial de los elementos (diseminación)

-textura

-orientación

Cada una de estas condiciones varía muchísimo en un espacio relativamente extenso. La composición atómica nos dirá la proporción y el número de compuestos diferentes, con la salvedad de no encontrar un centímetro cuadrado igual a otro. La distribución espacial nos llevará a admitir la total imposibilidad de cuantificar (si no imposible, al menos complejo) los gradientes de cada elemento en particular y tener que relacionarlo con los de los demás. La textura o forma generalmente amorfa, se extiende desde niveles moleculares a tamaños cósmicos (montañas, valles, constelaciones, etc) existiendo una continuidad de tamaños a su vez complejos de medir. La orientación (geometría) también puede estar en cualquiera de las infinitas maneras que bien tenga el azar en proporcionarle, si descartamos la componente gravitatoria que hace que ciertos elementos o materiales se dispongan según una dirección determinada.

Así podemos afirmar:

NOTA 1.15.- En presencia de un ente receptor que porte estructuras biofuncionales complejas podemos decir: dado un haz de luz radiante y una superfici suficientemente grande, existe un máximo de probabilidad de encontrar, por unidad de superficie, proporciones espectrales totalmente diferentes. Y sus variables vendrían dadas por :(Ψ CANTIDAD) ♦ (Ψ CUALIDAD) ♦ (t) ♦ (s) ♦ TIPO ♦ C (x,y,z) ♦ (ΨF) ♦ DISTRIBUCION "S" ♦ PROPORCION ♦ (interf. y/o disp. y/o difr.) ♦ GEOMETRIA MACRO.

Que para no perder el hilo de lo que esta nota lleva implícita, ordenemosla de la forma siguiente:

(Ψ CANTIDAD)	EL VALOR DEL RAYO INCIDENTE Y/O EMITIDO RELATIVO A UN TIEMPO O ESPACIO DADO — Nº DE FOTONES
(I CUALIDAD) (T)(S)	L. DE ONDA
TIPO	ESTRUCTURA ATOMICA, MOLECULAR, BIOFUNCIONAL, ETC
C (x,y,z)	LUGAR QUE OCUPA CON RESPECTO A OTROS ATOMOS, MOLECULAS, ETC
(Ψ F)	POSIBILIDAD QUE TIENE DE SER O PERTENECER A UNA FRONTERA
DISTRIBUCION "S"	DEFINIDA UNA FRONTERA POR LA PRESENCIA DE UN RECEPTOR, EL LUGAR QUE OCUPAN LOS ELEMENTOS QUE LA EXPLICITAN
PROPORCION	CANTIDAD Y RELACION ENTRE LOS ELEMENTOS QUE EXPLICITAN LA FRONTERA
I. y/o Dis. y/o Dif.	GEOMETRIAS ESPECIALES QUE EXPLICITAN FRONTERAS

GEOMETRIA MACRO
DISPOSICION ESPACIAL A NIVELES MACROSCOPICOS

Lo mas probable a un nivel humano, es el encontrarnos con un entorno hipercomplejo lleno de "accidentes" (lo contrario a diáfano, plano, homogéneo, etc) y caos (no geométrico ni rítmico o secuencial, cada vez mas "desordenado") tanto de la forma como del color.

1.3.5.- ¿Constancia de qué?

Siempre que hablamos sobre que es lo que se percibe del mundo físico, se saca el recurso de las invarianzas o constancias. Solemos argumentar que nuestro sistema visual es eminentemente un captador de constancias. Estas ideas son las mas generalizadas y aceptadas. Pero es mas una cuestión de método que de otra cosa. Toda ciencia es la búsqueda de constancias, es el "invento" de esas constancias, que al margen de su verdad o falsedad, nos pueden ser útiles. Nosotros, quizás con una trasnochada añoranza deskartiana, lo ponemos en duda. En principio no tenemos nada en su contra, pero también es verdad de que las "constancias" es un argumento muy socorrido y muchas veces un tanto estéril en cuestiones de percepción.

Según el contenido de los puntos anteriores, hemos llegado a la conclusión de que nuestro entorno electromagnético (que como se ha dicho, es materia de primer orden) es caótico. Quedó claro que la intensidad radiante no es ni mucho menos constante y las longitudes de onda son muchas y variadas. Tampoco hemos visto que existiera ninguna disposición espacial que tuviese mas requisitos que otra para ser denominada "frontera", y ni siquiera estamos seguros que eso de frontera sea algo que se lo podamos achacar a la materia. Las configuraciones electrónicas de los átomos o de las moléculas, evidentemente que constituyen una constancia (si no somos demasiado críticos y olvidamos por un momento el "principio de indeterminación"), pero como sabemos, nada de esto nos es accesible por la visión. La única constancia que puede dar honor a su nombre es aquella que tiene la

energía electromagnética, de interaccionar siempre de la misma manera, cada vez que se encuentra con configuraciones electrónicas similares.

Antes de posicionarnos sobre la importancia o no de las constancias, o simplemente, si es necesario posicionarse, es mejor esperar a saber lo que hace el sistema visual con este dato. De momento solo cabe intuir el hecho de que si introducimos en un ambiente caótico cualquier tipo de restricción que se repita en el tiempo, esto por sí solo genera una constancia (una doble constancia: la restricción y el producto de la restricción). Lo cual, para seguir alimentando nuestras dudas al respecto, la constancia sería introducida en la realidad por lo vivo, lo cual tendría algo que ver con la tendencia al "orden" del mundo biológico.

Retorno al orden.-

Ante este fondo de indeterminación y caos que nos muestra lo Físico, lo biológico parece resaltar por su principio de causa-efecto, con un orden sofisticado y complejo.

El orden aparente de lo físico (la imagen de lo físico), como, por ejemplo, parece deducirse de la exacta distribución de las frecuencias cuando un rayo tropieza con una fina capa de materia, no es mas que una anodina circunstancia, (no mas importante ni transcendental que la

de un fotón que vaga por el espacio) recuperada por cierta disposición de la materia, muy especial y nada arbitraria, haciéndole participe de un sistema o cadena de acontecimientos que, en principio, no están ni en el rayo, ni en la fina capa, ni en el mismísimo receptor (ver "biofunciones").

En lo vivo se constata, lo mismo que cuando hablamos del siquismo (ver figura 1.14) una evolución de la fotorrecepción (ver también figura 1.44). De manera general, las posibilidades restrictivas de la energía electromagnética están limitadas, en cuanto a su forma, por los siguientes puntos (ver figura nº 57).

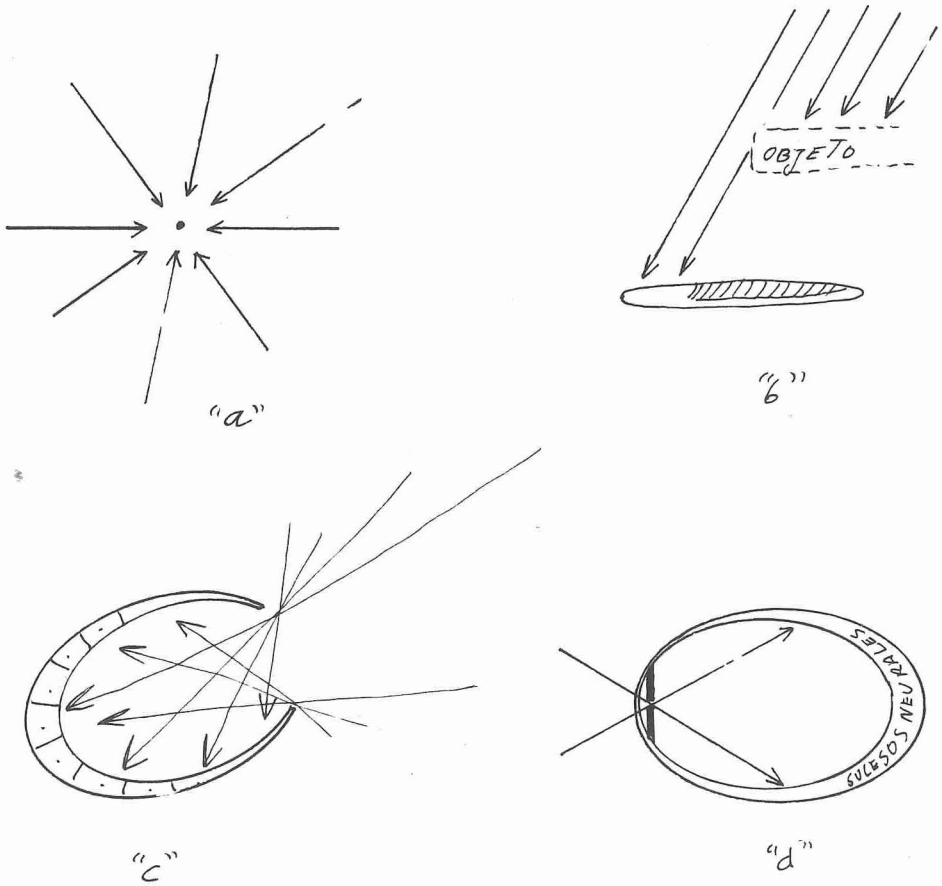


figura nº 1.57

En "a" no existe discriminación espacial. Digamos que una radiación cualquiera, al margen de la dirección de donde provenga, tiene muchas probabilidades de interaccionar con el. Metafóricamente (y no demasiado lejos de la realidad), podemos decir que cada punto recibe energía de casi todo el universo. No necesita cambiar de posición para captar mas o menos radiación.

En "b" existe, de entrada, una discriminación que compartimenta el espacio en dos mitades. Delante-atrás, arriba-abajo, o captaciones de objetos que se interponen a la llegada de luz solar, son los casos típicos en los que se ven envueltos estos tipos de receptores. Cabe señalar, como en el caso anterior, que cada punto puede recibir radiaciones del 50% del universo. Estas peculiaridades hace que comience a necesitar, en el caso de no adoptar una posición horizontal, desplazarse para poder obtener cambios de radiación.

En "c" comienza a ser absurdo su posición dependiente de la dirección del Sol. Su capacidad discriminatoria posibilita a su portador para obtener información de una "zona" del entorno, para lo cual es absolutamente necesario que esté asociado con el movimiento, o sea, con la capacidad de poder hacer coincidir "zonas" del mundo exterior, con el interior de su receptor. Los ojos de los artrópodos son modificaciones de este modelo. Es evidente una mayor discernibilidad que la de los anteriores, así como la posibilidad de que dichas zonas adquieran "sentido", cosa que está totalmente vetado a las otras dos.

En "d" nos encontramos con lo máximo que ha podido darnos la evolución. Aquí no solo hay una total independencia de la posición del Sol, sino que la energía que entra está muy discriminada espacialmente. Se hace corresponder un punto del exterior con un punto de la retina, por lo cual, las potencialidades superan con creces a los otros modelos. La evolución seguirá operando, pero ya no sobre la forma del receptor, sino sobre la elaboración final de la energía que le llega.

Si observamos las especies, encontraremos el muestrario de las mas diversas maneras de captación de la energía radiante. Al margen de las formas mas primitivas (simples manchas) tenemos dos direcciones , una, la que portan los artrópodos, y la otra, la de los vertebrados.

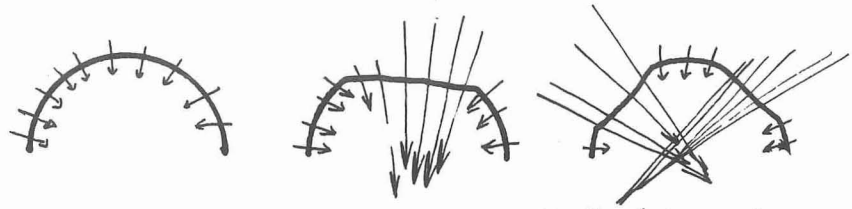
Los artrópodos presentan gran diversidad y ésta corresponde con la tabla que he confeccionado de la figura nº 1.58. Esta tabla, a su vez, apunta las dos direcciones evolutivas que evidencian las condiciones ecológicas a las que se adaptan: una, las acomodaciones a las necesidades del medio (luz, penumbra, oscuridad), y la otra a las etológicas, presentando modificaciones en la dirección de la potencia visual según otras variables (persecución, ataque, estados de alerta, etc) características de cada animal en concreto.

No nos cabe ni la menor duda de que hay razones suficientes que demuestren los porqués de las formas caprichosas que adoptan, pero lo

que también está muy claro son las diferencias y las semejanzas a la hora de captar fronteras. Semejanzas por el hecho de que todo lo biológico tiene una base común y la materia o sustancia de la que está hecha tiene sus límites, o sea, los rayos X o las radiaciones α o β pueden destruir y matar lo vivo, a ciertas temperaturas nada existiría o a partir de ciertas frecuencias la propia sustancia de la vida constituiría un ruido en su captación (ver diagrama figura nº 1.32). Diferencias, a la hora de captar fronteras, ya que lo que se ve no podemos deducirlo de la estructura del encauzador. Es verdad que es muy importante pero quien troquela la imagen final del mundo real es el cerebro. Quizás nos quedaríamos atónitos si pudiésemos ver la imagen que captan los insectos, un mundo fragmentado sin pies ni cabeza, pero que no es óbice para que el insecto corra para aquí y para allá, no choque con obstáculos o reconozca a un compañero. Todo parece hacerlo con un total dominio de lo que ve... pero por el contrario no debemos de extrañarnos cuando lo veamos copular con una rama o una flor (que es caso muy conocido de ciertas abejas y avistas y muchos otros insectos). Sabemos que un mosca no distingue a un elefante lejano, de un puntito negro cerca de ella, si bien nos maravillamos con su precisión cuando aterriza sobre nuestra mano o sobre los lomos, en pleno vuelo, de un congénere. No podemos afirmar que todo esto sea producto de sus órganos receptores.

Una de las razónes es que el orden asciende por la rama evolutiva, incluso, a la manera de Platón, dentro de nosotros mismos, en nuestros representantes o correspondencias evolutivas. La última adquisición es el psiquismo, y dentro de el, la plasticidad.

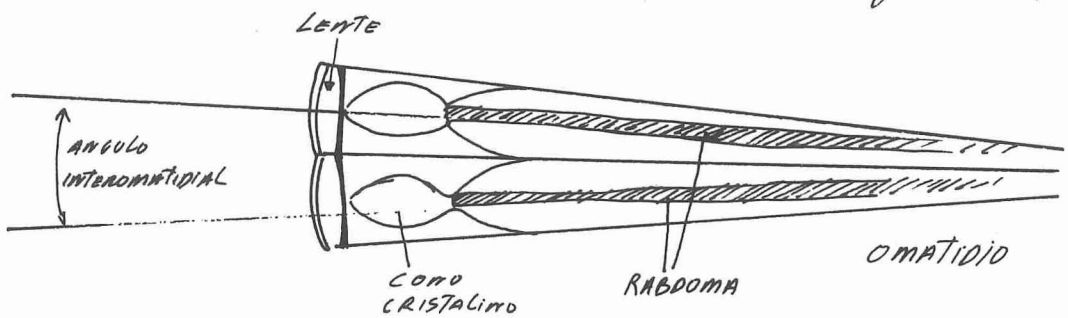
ORIENTACIONES EN EL ESPACIO. -ZONAS PREFERENCIALES

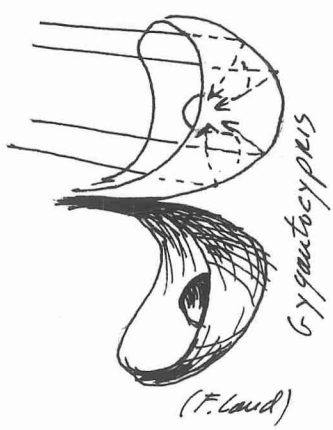


(según A. Horridge)

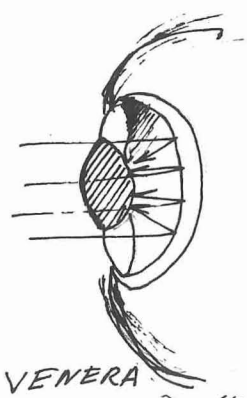
TIPOS SEGÚN AMBIENTE ELECTROMAGNETICO.

(según F. Lano)

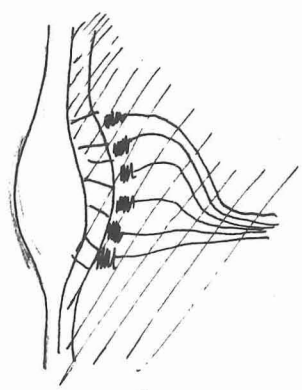




(F. Laud)

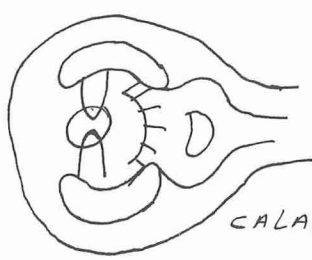


VENERA (F. Laud)



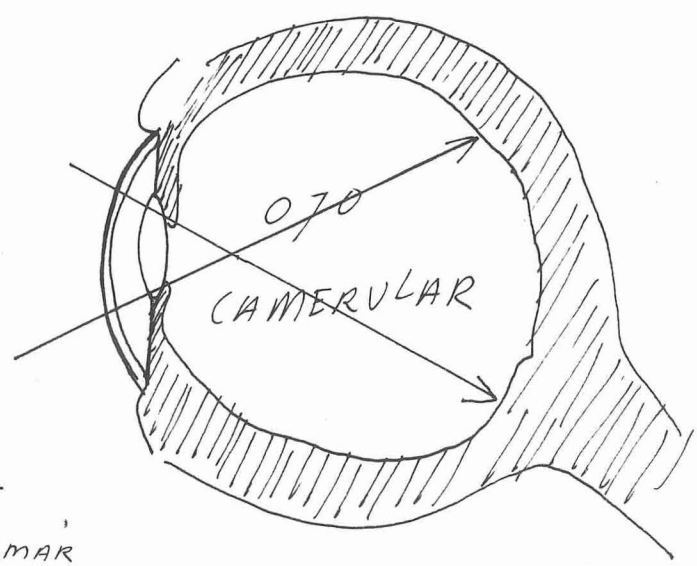
ARAÑA

CANGREJO



CALAMAR

(C.U.M. Smith)



Frases sin respuesta, como aquella en la que nos preguntamos el tipo de imagen del mundo que tendríamos si captásemos la energía electromagnética exclusivamente con el tacto, son incorrectas ya que lo primero que tendríamos que tener es el sentido o aquella zona que se encarga de tener "imágenes del mundo", porque parte del misterio se encuentra aquí, en ese otro orden ya deslindado de lo material (no de la materia, sino de lo causado por la materia) tal y como se constata en el hecho de que lo percibido es en sí "entidad" sobre lo que podemos tener ideas y teorías no contenidos en la energía radiante. El esquema de la figura nº 1.59 resume, a modo de ejemplo, esta idea.

¿Porqué la evolución hace que nos alejemos cada vez mas del caos físico?. En parte, esta pregunta no tiene respuesta ya que no hay motivo ni intenciones en la materia o en lo biológico a tender hacia algún destino. Por otro lado, también en parte ha sido contestada. El entorno trófico-ecológico-etológico...ha introducido este orden (quizás por efecto del azar, pero orden al fin o al cabo) donde los sucesos tienen antecedentes y éstos, a su vez, compiten por la subsistencia. Tenemos que pensar, si recordamos de donde proceden los fotones que impresionan nuestros ojos, que los huecos en estructuras cristalinas, las vibraciones moleculares, los elementos transacionales, no solo no los vemos, ni nos damos cuenta de su existencia, sino que no nos son "directamente" necesarios para nuestra existencia. Ni siquiera son marcadores de lugares que nos sean de vital importancia (por ejemplo, que todo lo amarillo fuese comestible o bondadoso). De todas formas, la energía electromagnética marca ya una separación entre ella misma y el estado electrónico de un elemento

cualquiera. Del cambio sufrido por la energía en su interacción, podríamos deducir de que elemento se trata, pero del producto de su interacción, no. O sea, 2'5 electronvóltios emitidos por una molécula son exactamente iguales a 2'5 electronvóltios emitidos por un hueco cristalino. A nuestros ojos solo llegan productos, así que, o nos centramos en biofunciones cuya misión es captar dicha energía y transformarla en alimento (fotosíntesis), o a través del "aquí estoy", mas distante, podemos asociar reacciones al número, frecuencia, etc, de veces que ha interaccionado.

Las relaciones directas entre materia-entorno trófico las dejamos en el momento en que se bifurcaron lo vegetal y lo animal, y así sucesivamente en las continuas ramificaciones de nuestra evolución. Materia-alimento a sido relegado a sentidos menores (pero no menos importantes, claro) y su inmediatez rellenada por intermediarios, tales como, ataque, engaño, estrategia, huida. ¿Que tipo de materia necesitamos percibir para este tipo de relaciones?. Para poder construir una trampa, para saber las intenciones de la presa o la bondad con que se aproxima un amigo o enemigo, nos es del todo inútil, incluso entorpecedor, conocer su sustancia ya que la bondad, la amistad o la estrategia no la tienen. Lo etológico precisa de la independiencia, de cierto alejamiento de la interacción electromagnética.

Evidentemente, esto tiene que tener su contrapartida. El tremendo orden que puede alcanzar la mente humana y sus productos (teorías científicas, filosóficas, estéticas, etc) contrasta con la indetermi-

PRODUCTOS ARTISTICOS
CIENTIFICOS Y TECNICOS

LA SUPERFICIE DEL TRIANGULO ES 1/2 b x h

TIENE FORMA TRIANGULAR

ES UNA DOLOMITA Y PESA 150 GRAMOS

LA PIEDRA REPRESENTA AL DIOS TAL

ESTO ESTA LLENO DE PIEDRAS, QUE ESTORBO.

REALIDAD ESTETICA IV . . .

REALIDAD ESTETICA III + ...

REALIDAD ESTETICA II + TEORIAS SOBRE LA REALIDAD

REALIDAD SIMBOLICA

REALIDAD [illegible]

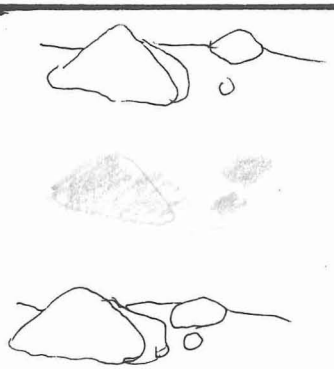
CAMPO SEMANTICO PRIMITIVO

"PIEDRA ROJA"

"LA ROJEZ"

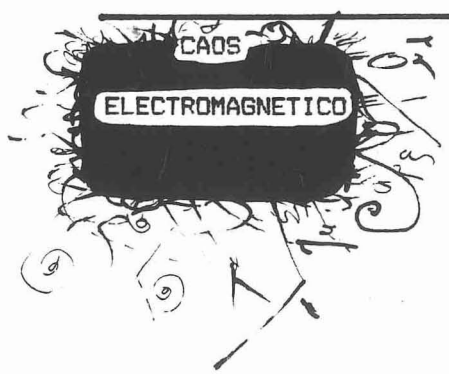
"PIEDRA"

arbitrariedad en las correspondencias terminológicas y sensibles



CAPTACION DE FRONTERAS

no es posible saber el tipo de correspondencia que existen entre la sensación, o sea, la rojez, redondez, movimiento, etc, y sus pretendidas constancias o invarianzas que porta la información captada por nuestros sentidos. De momento es un misterio neural.



por métodos cientificos, aparatos de medida muy sofisticados, creación de condiciones muy especiales...etc podemos saber, analizada una zona del ambiente electromagnético, a que tipo de elemento corresponde y en que circunstancias se produjo la interacción.

figura nº1.59

nación o la estupidez posible de sus conjeturas sobre el mundo. La capacidad para falsear, mentir o equivocarse, es la base o el gran logro de la plasticidad neural. Así, tal y como he dibujado en la figura nº 59, ante la "real" sensación que nos ofrecen los captadores de fronteras (y sus sistemas neurales asociados), se opone la arbitraria capacidad de hacerles corresponder términos semánticos (que sustituyen a lo real), tales como "piedra", "árbol", etc, o mucho mas lejano como nuestras opiniones subjetivas que tengamos sobre ellos. Claro está, esto tiene como núcleo central las dos dimensiones de lo vivo: a) el nivel evolutivo enraizado en uno mismo, y b) la generalidad de mi estado, extensible a mis congéneres. "árbol", "piedra",... tiene sentido colectivo y dicha arbitrariedad es objetivable por la comunidad. He aquí la importancia de la elasticidad neural y de la separación, cada vez mayor entre la materia y lo que se percibe a través de ella. El próximo paso será ver lo que pasa en el S.N.C.(Sistema Nervioso Central), para así poder conjeturar la manera en como crea esta realidad estética y de que pasos se vale.

SEGUNDA PARTE: SUCESOS NEURALES

2.1.-Definición del S.N.V.I.-

Lo mismo que hemos hecho con el suceso físico visualmente implicado, tenemos que hacerlo ahora con el suceso neural. Aquí nos encontraremos, en principio, con ciertas facilidades, ya que las bases físicas y químicas sobre las que se basan estos sucesos son mas o menos como los tratados hasta el momento, y cuyas particularidades se conocen bastante bien. Las complicaciones vendrán mas tarde cuando intentemos explicar los niveles de correspondencia entre dichos sucesos físicos y los neurales. Es tan complejo que mas allá de la simple anatomía, solo nos queda la conjetura y la suposición. Y dependiendo de nuestra opinión al respecto, así será la concepción de la dualidad mente-materia (recordar "algunas consideraciones en torno al problema mente-materia", página nº 30), o viceversa, según la idea de materia que tengamos, así será nuestra actitud al hablar sobre lo neural.

Pero el desconocimiento de las últimas consecuencias de las redes neurales no debe ser impedimento ni podemos quedarnos inactivos ante tal circunstancia, ya que existen otras formas de saber lo que pasa dentro del cerebro. Lo constituyen los experimentos, donde se reproducen condiciones marginales del sfvi para luego medir las respuesta que en el sistema visual (o en otras zonas) provoca. Un experimento siempre toma al cerebro o por lo menos a una parte de él como una "caja negra" lo cual, por mucho tiempo, ha entorpecido el desarrollo

de nuevas técnicas de análisis, o simplemente, de conceptos mas claros sobre las función neural.

En nuestro caso particular, un solo fotón puede provocar o desencadenar una serie de acontecimientos que no tendrán ni cualitativa y cuantitativamente nada que ver con el, tal y como vimos cuando hablamos sobre las biofunciones. Y si tiene algo que ver, no dependerá de él, sino de la disposición espacial o estructural de dicha biofunción. Por circunstancias que desconocemos, o por simple azar, pueden darse los mismos acontecimientos que antes, sin que sean provocados por fotón alguno. Incluso dichas circunstancias pueden ser provocadas voluntariamente, si presionamos el globo ocular o tomamos ciertas sustancias químicas. Sea de una forma como de otra, el cerebro puede discernir entre un caso y otro, o sea, puede darse perfecta cuenta de que lo que está viendo es consecuencia de que nos estamos presionando el ojo, o que hemos tomado alguna droga, después de haber pasado el efecto.

* Otro punto a tomar en cuenta es el hecho de que gran parte de las excitaciones de los fotorreceptores y sus posteriores elaboraciones cerebrales no obtienen el estatuto de "visuales" al no darse "consciencia" de tal efecto o suceso. Y dentro de éstos, un grupo muy importante emergen posteriormente en forma de recuerdos, sueños,etc, dándonos cuenta, de que si bien pueden agruparse en fenómenos de índole diferente a aquellos que se producen "justo en presencia del mundo físico que lo causa" luego no se distinguen de aquellos que se piensan, se inventan, se sueñan o se falsean. ¿Estos no son ya fenóme-

nos visuales, aun cuando "veamos" objetos y cosas con los ojos cerrados?.

No estamos en condiciones de quitarles el estatuto de visuales a ninguno de estos fenómenos. Es mas, con toda probabilidad todos ellos sean "síntomas" de la interdependencia entre ellos, o diversas manifestaciones de un solo sistema o familia de sucesos. En un principio, podíamos definir al SNVI como todas y cada una de las secuencias de sucesos, iniciadas en el momento en que los fotorreceptores son activados por alguna porción de energía electromagnética, pero, mas fríamente, creo conveniente hacerlo de la siguiente forma:

DEFINICION 2.1.- Llamaré suceso neural visualmente implicado a todas y cada una de las secuencias de sucesos producidas por una activación neural (espontánea, por azar, voluntaria, por fotorrecepción, etc) en algún lugar del Sistema Nervioso Central, que pueda, en algún momento, sumarse a otra cadena de sucesos cuyo final produzca "sensaciones conscientes sobre la realidad estética".

Ahora bien, como en el caso del SFVI, toda definición es demasiado general o demasiado restrictiva para ser cierta. La percepción es el tipo de fenómenos que son resultado de infinidad de variables y si queremos ser un poco democráticos con ellas debemos darle, en principio, la oportunidad básica de anotar su existencia o su interrelación con otras. Así pues, que ninguna definición impida, ya al principio, incluir todo que buenamente pensemos que tiene que ver con estos fenómenos. Mas adelante ya iremos restringiendo unas u otras cosas, pero no de un arbitrario plumazo sino por su clasificación o importancia (jerarquia) en su intervención dentro de la percepción.

2.2.-VARIABLES NEURALES: ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO NEURAL HUMANO.

Hoy en día constituye una trivialidad decir que el sistema nervioso de los mamíferos, y entre ellos el de los primates, es la estructura mas compleja de la materia viva, incluso de todo lo conocido. Aún así, hay particularidades que se comprenden bastante bien, sobre las cuales no existen dudas, si bien muchas otras todavía están en proceso de experimentación, y las mas, llegados a cierto nivel, solo son especulaciones elaboradas con los datos anteriores ,ya que el funcionamiento neural "último" se escapa a todo análisis.

En los dibujos de la figura nº 2.1 podemos ver que el cerebro se compone de una gran masa de materia neural conformada según diferentes cuerpos anatómicos. Existen muchas formas de subdividirlas, siendo las mas corrientes: Telencéfalo, Prosencéfalo o cerebro anterior (neocórtex o cerebro, tálamo, hipotálamo, cuerpo estriado, amígdala y área olfativa). El Mesencéfalo o cerebro medio (colliculus, núcleo rojo, núcleo pedúnculo pontino, etc). Rombencéfalo, metencéfalo o cerebro posterior (cerebelo, formación reticular, nucleos cocleares, bulbo raquideo, protuberancia, etc). Y por último, la médula espinal.

Paralelamente les he asignado algunas de las funciones que se les atribuyen, pero aún así no nos dicen nada sobre la naturaleza de las mismas.

CEREBRO

su actividad establece la diferencia entre el hombre y otros animales.

CEREBRO ANTERIOR
Talamo e Hipotálamo
(los mas primitivos)
estriado
globus pallidus

El tálamo es una estación transaisora y receptora de caso todos los impulsos que llegan de las diferentes areas sensoriales, antes de pasarlas a la corteza.

El Hipotálamo es un centro de reflejos viscerales (control e integracion del metablismo). Controla la temperatura, el apetito, la presión sanguinea, la producion de sueño y vigilia, el comportamiento sexual, la sed, el miedo, la cólera, etc.

mesencéfalo
o
cerebro medio

Masa de tractos de proyección. Centros reflejos auditivos y visuales (colliculus superior e inf.)

PROTUBERANCIA ANULAR
o puente de Varolio

materia blanca y algo de gris. Conduce impulsos entre el cerebelo, bulbo y cerebro (tractos de proyección)

CEREBELO

Regulación e integración de funciones corporales (músculo esqueletico, etc). Interviene en la integración de sensaciones como tacto, oido, vista, etc. Tiene una zona externa de materia gris (cuerpos neurales) y una interna de materia blanca, que lo conecta con el cerebro y la médula.

BULBO RAQUIDEO

Es un ensanchamiento de la porción superior de la médula espinal. Tractos ascendentes y descendentes de materia gris con algo de blanca en su interior. La sustancia gris es el interior del cuarto ventriculo en el lugar de centros reflejos (movimientos cardiacos, respiración contracción, y dilatación de vasos sanguineos, vómito, estornudos, hipo, deglución, etc)

Fig. 2.1.

Ya que lo único que pretendemos es aclararnos un poco sobre lo que es un suceso neural, no tendríamos porqué hacer un análisis exhaustivo de todas las peculiaridades del cerebro, pero tampoco podemos obviarlas ya que es del tipo de cosas de las cuales o se dice todo lo que se conoce o es imposible aclararse. De esta manera nos conformamos con hacer un esquema simplificado de su funcionamiento y particularidades estructurales, aunque no es sencillo. Por un lado, hay problemas tecnológicos o científicos por los cuales la capacidad de análisis para dilucidar el funcionamiento neural es hoy por hoy muy escaso. Por el otro, los impedimentos son conceptuales, que al igual que cuando tratamos sobre los de mente-materia, son muy complejos de resolver.

Es una cadena: las lagunas imposibilitan "redondear" las concepciones teóricas, convirtiéndolas en meras conjeturas cuyo fuerte reside en la "percepción directa" que tenemos de nuestro mundo y de nosotros mismos. Para resolver el primer problema solo nos queda asumirlo siguiendo como norma mas lógica, esquematizarlo según los distintos niveles de integración o sistemas en los cuales se ven envueltos dichos sucesos. Para el segundo problema solo queda dar una sencilla explicación y expresar mi postura, lo cual creo conveniente hacerlo cuanto antes.

Problemas conceptuales. Una segunda vuelta al problema mente-cerebro.-

Ya hemos visto en la primera parte, algunas consideraciones en torno al problema mente-materia (mente-cerebro), pero dado su carácter

"general" no era momento de especificaciones. Es ahora donde podemos acercarnos un poco mas, desde el flanco "cerebro" y evidenciar las raíces de la discusión aunque sean en tono historicista.

Y dicho tono queda justificado, simplemente, por el hecho de que es fundamental saber de que tipo de cerebro partimos si queremos dilucidar a que tipo de percepción nos referimos, o "sospechar" a que realidad accedemos.

Desde la antigüedad y coexistiendo con otras concepciones dispares, comenzó a atribuírsele al cerebro alguna importancia relacionada con la localización de algunas de las funciones de la mente o lugar de residencia del alma, las sensaciones, etc, pero el auténtico problema nace cuando la medicina, la neurobiología o afines, van configurando tanto anatómica como histológicamente las partes y estructura del cerebro. La historia del problema es la historia de las interpretaciones de los sucesivos descubrimientos que sobre el cerebro se hacen, y de esta manera, cabe señalar los acontecimientos acaecidos desde el siglo XVIII.

Parece ser (y es de lo mas lógico) que todos aquellos fenómenos psíquicos que alguna vez hayan podido clasificarse como "connaturales" o invariantes del ser humano, se les buscó su lugar dentro del cerebro. Esta es la forma en que se expresa Luria sobre el tema: *"era común para todos los investigadores en esa etapa temprana la aspiración de hacer coincidir inmediatamente los fenómenos psíquicos con una de las partes del substrato cerebral...surgió un estudio psicológico*

que separaba los procesos psíquicos en "sensaciones" o "facultades" especiales, separadas, y ello puso a los investigadores ante la tarea de encontrar substrato material para tales "facultades" y comprender el cerebro como la batería de muchos "órganos", cada uno de los cuales sería el conductor material de alguna "facultad".(Luria: 1969/a p.19)

Pero hay que tener en cuenta que estas facultades eran tales como: "amor a los padres", "instintos destructores", "cortesía", "justicia", "ambición", etc, con lo cual podemos imaginarnos los impedimentos conceptuales, o lo que es lo mismo, la deformación interpretativa a que se verían expuestos los datos obtenidos tanto por métodos analíticos como por los de la simple observación. De todas formas, al margen de estas y otras dificultades, se impuso la idea de "compartimentación", o sea, una diferenciación de la aparente homogeneidad del cerebro.

Pero la experimentación y métodos mas científicos van a provocar, no solo la transformación de esas ideas localizacionistas en otras mas modernas y plausibles, sino que paralelamente comenzaron a gestarse grandes dudas, dada la complejidad y lo aparentemente inespecífico de la estructura neural. Por un lado, la afección de una zona puede afectar a la totalidad del cerebro, así como la constatación de una gran plasticidad y capacidad regenerativa de cualquier zona afectada. Desde este punto de vista el cerebro aparenta ser una masa homogénea, con lo cual la podemos tomar como una "totalidad" o "conjunto" a la hora de interpretar sus funciones síquicas.

Esta concepción va a tener su contrapartida, ya que es fácil demostrar que la afección de ciertas zonas solo afectan a una función en especifico, mientras otras se mantienen inalterables. Con el tiempo quedó palpable la existencia de las áreas de Broca, las de Wernicke, los centros de escritura, etc.

Estas dos vías divergen ya desde sus comienzos y tienen como representantes a Haller (1769) y Flourense(1824) por parte de los que toman el cerebro como "*Sensorium commune*" (en Luria: 1969/a p.23) y a Boillaud, Dax (1836), Broca (1861), Wernicke (1874), Bastian (1869), Exner (1881), Broadbent (1872), Charcot (1887), Grasset (1907)... etc, por parte de los localizacionistas, como es evidente.

Si bien los descubrimientos de los "centros" han reforzado y afianzado el localizacionismo, también es verdad que muchas funciones síquicas se tornaban paradójicas, lo cual propició para que se siguiesen manteniendo con mas o menos fuerza la vía contraria, así como para servir de base a concepciones místicas o idealistas tales como las surgidas en la escuela de Wurtzbourg, mas conocidos por los de la psicología de la Gestalt.

Estas paradojas fueron planteadas de muchas maneras, así, por ejemplo, la de Jakson nos viene a decir lo siguiente: "*el enfermo con una lesión local de una determinada zona de la corteza no puede, a menudo, realizar arbitrariamente el movimiento exigido o repetir arbitrariamente un palabra dada; sin embargo se encuentra en condiciones*

de hacerlo involuntariamente, es decir, reproduciendo el mismo movimiento o pronunciando la misma palabra en condición de excitación o en actos autoanalizados. Concibe que la localización del síntoma que trae consigo una afección de un área limitada del sistema nervioso central, de ninguna manera puede identificarse con la localización de la función ya que concebía la "función" como una complicada organización vertical representada por tres niveles (inferior, medio o motriz y superior)" (Jakson, citado en Luria: 1969/a p.38)

O también por Golyz y Lashley los cuales nos recuerdan que *"cualquier parte tiene relación con la formación de la voluntad, sensaciones, imágenes y de la facultad de pensar y que el grado de pérdida funcional está solamente en dependencia directa con la magnitud de la afección"* (sobre Golyz, en Luria:1969 p.34) o que la *"alteración de la conducta no puede compararse con la afección de las áreas separadas del cerebro, que el grado de alteración está en proporción directa con la masa del cerebro extraido y que en relación con las funciones complejas las áreas diferentes de la corteza de los grandes hemisferios poseen equipotencialidad"* (sobre Lashley, en Luria: 1969/a p.34 y 35) .

El caso es que de una manera o de otra lo que sí ha cambiado es el concepto de "función" que se le atribuye al cerebro. Cosas tales como la "amistad" o la "justicia" no son defendidas por ningún científico en cuanto funciones síquicas localizables en lugares concretos del córtex. El problema es ver si cosas tales como "facultad abstracta de pensar", "reacción general del cerebro","conducta categorial","función

simbólica", etc, se les puede asociar al substrato cerebral. Sobre esto nada mejor que recordar nuevamente a Luria, el cual nos dice: *"..por mucho que ambas concepciones descritas más arriba fueran diferentes y por mucho que se contradijeran activamente una a otra, les unía una postura psicomorfológica común: ambas examinan las "funciones" psíquicas como fenómenos que inmediatamente, sin una fase de análisis fisiológico, debían ser confrontadas con el substrato cerebral. En otras palabras ambas intentaban " superponer los conceptos inmediatos de la psicología contemporánea a la construcción espacial del cerebro" (I.P.Pavlov) y seguían examinando los procesos psíquicos como unas "propiedades" indivisibles que pueden ser comprendidas como producto inmediato de la actividad de las estructuras cerebrales..."* (Luria, 1969/a p.45)

Mas modernamente, estas vías cogen cuerpo en el Holismo, el sistemismo y el neurismo (o atomismo). A excepción del sistemismo, el cual presenta claras innovaciones conceptuales, el holismo y el neurismo continúan manteniendo los defectos de sus antecesores, si bien éste último no estaba tan exageradamente representado, ya que presupone la existencia de capacidades mentales a neuronas aisladas. Es evidente que esta opinión no puede estar fundamentada empíricamente, sino tendríamos que aceptar aquellos ejemplos típicos de la "neurona de la abuela", o neurona que se dispara siempre en presencia de la abuela de uno. Y si aceptamos esto tendríamos que aceptar el hecho de que la "abuelidad" es un propiedad física a la que se puede acceder directamente por los sentidos. Bastantes problemas tenemos para poder captar invarianzas físicas como para hacerlo sobre "conceptos" tan abstractos

como éstos. A este nivel, parece recordar a aquellas constantes a las que nos referíamos antes sobre la localización del "amor a la vida" o de la "cortesía" en algún lugar del cerebro. Bunge critica el Neurismo según la tríada siguiente:"*En primer lugar, porque elimina el problema en lugar de resolverlo: es evidente, que si las neuronas son capaces de desempeñar funciones mentales complejas, entonces no es necesario estudiar sistemas neurales mas complejos. En segundo lugar, porque no hay ni pizca de evidencia en favor de la hipótesis de que las neuronas aisladas puedan efectuar operaciones complejas (...) esas capacidades son siempre multineurales. En tercer lugar, porque los análisis histológicos de las neuronas de pacientes con determinadas enfermedades mentales no han mostrado anormalidades celulares de ningún tipo: casi todos los desordenes neurológicos (o psiquiátricos) son provocados por el mal funcionamiento de sistemas neurales complejos, no por el mal funcionamiento individual de las neuronas. En resumen, las neuronas no son ni listas ni estúpidas.*(Bunge:1980 p.58-59)

Queda pues el sistemismo, conservando en sí mismo los grandes descubrimientos del holismo y localizacionismo clásico: la enorme plasticidad neural, la existencia de funciones que engloban o implican una gran parte del cerebro, así como la evidencia de la existencia de etapas, de múltiples eslabones dentro de cada una de dichas funciones. Pero difieren en lo esencial, en el concepto de función: el cerebro no es "*un montón de unidades autosuficientes ni es un cuerpo homogéneo, sino que es un sistema de subsistemas especializados u órganos*"(Bunge, 1980, p.60). Para Pavlov la función es siempre un "resultado" de una actividad que él denomina "refleja" y que es el conjunto de la actuación conjunta de Múltiples sectores excitados e inhibidos del sistema

nervioso, los cuales, a su vez, " *realizan el análisis y la síntesis de las señales que llegan hasta el organismo, elaboran un sistema de conexiones temporales y aseguran el "equilibrio" del organismo con el medio ambiente.*" (Luria: 1969/a p.48)

Así mismo, otra de las características propias de la actividad neural es su naturaleza topológica y no métrica, tal y como indicó N.A.Bernstein: " *los eslabones primero y último del sistema (tarea y efecto) son constantes e invariables, al tiempo que los eslabones intermedios (procedimientos para la realización de la tarea) pueden modificarse en amplios límites.*"(Luria: 1969/a p.50). De todas formas estas características serán analizadas mas adelante. De momento nos quedaremos con la idea de que a toda información que proviene del exterior se le van a imponer una serie de variables, que lo mismo que cuando hablábamos de la energía electromagnética, van a modificar tanto cuantitativa como cualitativamente dicha información. Lo curioso es que en alguna etapa, emerja como un sentimiento, un odio, una imagen...recapacitemos un poco.

Si en algún momento de la historia se pensó que en una zona de nuestro cerebro residía el "patriotismo", "el amor a los padres" o la "conservación de la raza" (que desde luego, cuando amamos a nuestros padres, nos sentimos patrióticos, pueblo o raza, algún sistema de conexiones neurales tienen que existir para poder causar tal mentación) era por pensar que tales funciones psíquicas eras propias de lo inmortalmente humano y no de lo cultural o perecedero, de lo aprendible según entorno o contexto étnico. Aunque nos parezcan trasnochadas

dichas ideas, no podemos tener la certeza de que aquello a lo que ahora intentamos asociar a las funciones psíquicas sea lo verdadero, en cuanto que vulgarmente se sigue emparejando zonas cerebrales con correlatos que son productos complejos del propio cerebro.

No nos cabe ni la menor duda que la mejor forma es hacerlo tal y como se verá en el punto siguiente, donde simplemente se hablan de área de proyección, periféricas y de relación, dentro de otras como la visual, la del habla, la del olfato, la motriz, etc. De todas formas, en nuestro terreno, en el sistema visual, veremos también que no es fácil discernir lo que es netamente visual de lo que es motriz... ni siquiera cuando algo tan anodino como una vibración de energía es "visual".

Debemos, si no metodológicamente sí como actitud, el tener presentes estas dudas, al menos para no caer en la ingenuidad de que aquello que vemos sea aquello que busquemos como modelo real, anterior a todo proceso visual. ¿Podemos hacer corresponder las estructuras de la experiencia subjetiva con las estructuras del mundo real. ¿Es el color rojo, estructura de algo real?, ¿y su disposición en el espacio?

Este es el problema...¿existe lo mental como ente "fuera de", "independiente de", "dependiente de" o "causado por"...lo físico?. De lo que no cabe duda es que árboles, montañas, colores, nombres...no corretean por entre los surcos y neuronas del cerebro, ni siquiera sustancias o partes de estas cosas...pero tampoco podemos dudar que

pensamos por voluntad propia, recordamos o "vemos" directamente a dichos árboles, montañas o colores. Está claro que la experiencia de las sensaciones solo pueden ser analizada gracias a múltiples niveles, ya que si queremos dar fe del tipo de cerebro que hemos definido, tenemos que advertir que cualquier experiencia subjetiva es "producto" de una elaboración conjunta de muchos subsistemas, de muchas "pequeñas partes" que se van sumando en esa complicada pluripotencialidad funcional que constituyen las estructuras cerebrales (tal y como se expresaría Filimonov, ver Luria 1969/a p.54). El color no tiene porqué ser diferente a las demás sensaciones.

Niveles de integración de los sucesos neurales.-

Hemos visto en el punto anterior, como el S.N.C. es dinámico, plástico, temporal, autorregulable...que es, en suma, un sistema de subsistemas especializados, tal y como nos lo recuerda Bunge. Esta forma de trabajo hace que necesariamente existan niveles, y mas específicamente, niveles integrativos, donde distintas informaciones que provienen de diferentes sentidos se integren poco a poco, cada vez de manera mas compleja, en un sin fin de propiedades (potencialidades) nuevas o emergencias neurales.

La manera en que se producen tienen que ver, de forma especial con las características de la neurona, o sea, de sus partes (nivel subcelular) tales como: su membrana, los tipos de conexiones sinápticas, sus dendritas y axones, etc. Con la propia neurona (nivel celular) y los tipos de asociación entre ellas (nivel de micro y macrosistemas)

así como su comportamiento como parte y conjunto del organismo (nivel de organismo) y a su relación con sus congéneres (nivel de pequeñas agrupaciones, familia, horda, etc)(ver Bunge: 1980 p.54 y 55).

Nivel subcelular y celular.-

Si recordamos el punto 1.3.2 y mas concretamente cuando hablamos de "biofunciones", vimos como un fotón provocaba una cadena de acontecimientos donde se daba como resultado final una descarga eléctrica (fig. nº 1.41). Ahora tenemos que afrontar el hecho de que es precisamente una neurona quién "recibe", "absorbe", "transforma" o "transmite" dicha descarga o potencial eléctrico. Evidentemente, la forma físico-química en la que se basa su transmisión depende del nivel subcelular y la dirección, camino o usos, son funciones donde se implican a otras neuronas, sistemas u órganos, o sea, que trasciende lo meramente celular y pasa a ser acontecimiento de otros niveles superiores.

La manera que que se transmite a lo largo de la membrana es netamente similar a la explicada en los fotorreceptores y no podemos detenernos mas sobre ello. En la figura nº 2.2 se muestra una neurona típica, con sus características ramificaciones. Es pues una célula especializada cuya forma y función están condicionadas mutuamente tal y como aclararé seguidamente, y cuyas características básicas son las siguientes: presentan un cuerpo celular, las dendritas y un axón, y la transmisión de potencial a otras células se realiza químicamente a través de las terminales sinápticas.

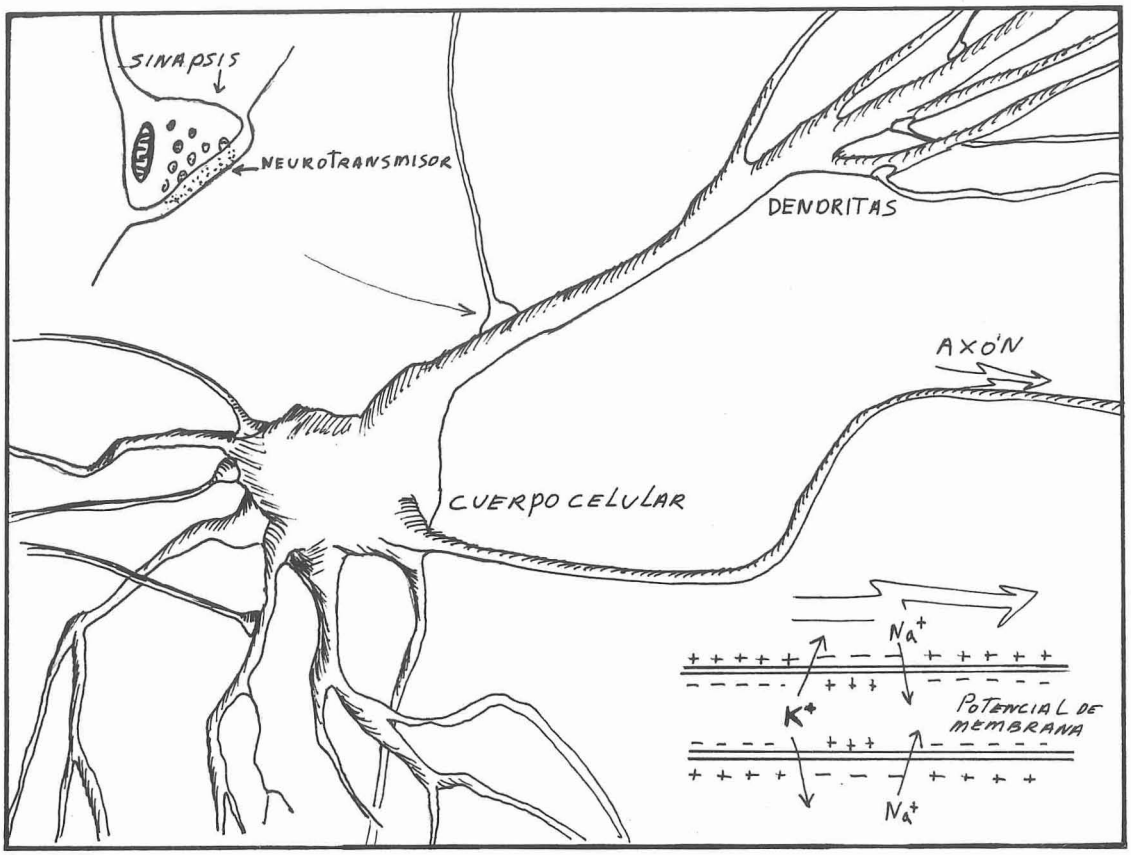


figura nº 2.2.-(elaboración propia)

Es también característica general el hecho de que la forma ramificada tiene como función el presentar el mayor número posible de superficie para poder recibir, así mismo, una cantidad innumerable de terminaciones nerviosas provenientes de otras neuronas. Así pues, está claro que es impensable la existencia de una neurona aislada, ya que no es esa su función, sino el de ser zona de eferencia (llegada de información), zona de elaboración (transforma, promedia, etc) y zona de aferencia (emisión de información, inhibición,etc). Así mismo, todas ellas poseen una membrana externa capaz de generar impulsos nerviosos, y toda transferencia de información (aferente o eferente) es a través de sinapsis (transmisión química). Para quién le interese conocer con mas detalle la base iónica del potencial de membrana o

como se efectúan químicamente las sinapsis, ver el articulo de Charles F.Stevens: 1979, o cualquier libro especializado de neurobiología).

Ahora bien, si esto es lo que constituye el elemento básico del sistema nervioso, lo que debiera de interesarnos es ver que implicaciones tiene la forma tan especial hacia la que ha evolucionado y como se articula para su relación con otras. No es menos importante saber el número aproximado de neuronas que contiene el cerebro, así como todas aquellas variables que podamos aislar para hacernos una idea de la capacidad de transformación de imputs o del control y elaboración de outputs.

Aproximadamente (y por lo bajo) el número total de neuronas es de 10^{11}, lo cual, unido a que no hay dos neuronas iguales en cuanto a forma, nos podemos suponer las dificultades que supone el generalizar, ya que conocer el funcionamiento de una pequeña zona del cerebro supone estudiar una por una, lo cual es impensable. Una segunda dificultad que viene a sumarse a la anterior (mas que sumarse, debemos decir multiplicar o exponencializar) es el hecho de que cada neurona recibe información de unas mil neuronas a la vez que efectúa entre mil y diez mil sinapsis. Si las sinapsis fuesen de un solo tipo, a saber, entre axón-dendrita, al menos reduciría algunas de las dificultades planteadas, ya que tendríamos la certeza de saber la dirección que toma la información, pero se ha constatado (aunque en menor cantidad) sinapsis de los tipos: axón-axón, dendrita-dendrita, y axón- cuerpo celular, o sea, todas las combinaciones posibles. Estas posibilidades

de tener contactos de diferente naturaleza todavía entorpece más el saber como se efectúa el trasvase de información entre las neuronas.

Otra de las dificultades tiene su razón en el hecho de la incertidumbre en la que nos encontramos a la hora de saber que hacer con los potenciales de acción generados o transmitidos por la célula. Como se ha dicho anteriormente, toda neurona puede generar dicho potencial, que se reduce a un tren de impulsos ,lo cual, y dado que la amplitud (± 70 milivoltios) es constante, la frecuencia con que son emitidos es lo que constituye la información. En números redondos, de uno a cien impulsos por segundo, lo que deja claro que existe un gradiente muy amplio de diferentes informaciones emitidas por cada una de ellas, y que se relaciona con la magnitud del estimulo. A mayor magnitud de estimulo, mayor frecuencia de impulsos (esto no es del todo exacto, ya que es un poco mas complicado, tal y como se verá cuando hablemos sobre el campo receptor)

El uso reiterativo de una conexión genera que las sinapsis crezcan tanto en número como en tamaño, con lo cual implica que ciertas conexiones sean preferenciales con respecto a otras, y que las informaciones (la calidad del potencial de acción) sean superiores, de mas magnitud. Esto también implica que cualquier estructura entre neuronas puede ser modificada y creada para una circunstancia en concreto (Bunge, 1980), itinerante,etc.

En toda sinapsis hay un elemento que entra en juego, el neurotransmisor (ver figura nº 2.2). Una misma información según se

encuentre con un neurotransmisor o con otro, va a sufrir una transformación sustancial (mas rápida o mas lenta, mas intensa o mas débil, etc). Se conocen bien a nueve de ellos (la dopamina, norepinefrina, serotoina, acetilcolina, histamina, acido gamma-aminobutirico, acido glutámico, glicina y taurina) siendo unos excitadores y otros inhibidores. Además de éstos, están presentes los neuropeptidos (alrededor de dieciseis) lo cual pone en evidencia las complicaciones de su estudio (para mas información ver Leslie L. Iversen: 1979).

Podíamos continuar enumerando las causas por las cuales una misma información puede ser modificada, diferenciada, según pasa por una u otra zona del cerebro, trabaje con uno u otro neurotransmisor o neuropeptido, etc, pero creo que es suficiente para saber de que tipo de elemento es la neurona, y de que naturaleza son las dificultades que lleva implícita.

Por eso, querámoslo o no, siempre que hablemos sobre algún aspecto del cerebro, constantemente tenderemos a minimizar estas dificultades, a abstraer generalidades, a hacer esquemas. Quizás sea la única forma de saber algo de él.

Dada esta incertidumbre, su impenetrabilidad, no debemos por ello pensar que el cerebro es de una sustancia amorfa, caótica, arbitraria, sino mas bien todo lo contrario: debemos sorprendernos por la manera en que la materia viva ha conseguido generar por vías evolutivas un sistema con el cual poder estar o permanecer en casi infinitos esta-

dos, y hacerlos corresponder "de alguna manera" con los infinitos estados de la realidad que le rodea. Todas las dificultades enumeradas y otras mas, llevan implícitas el hacer mas posible una diferenciación de la información "hasta el infinito", así como una normalización de la misma, o sea, transformar múltiples veces un estimulo hasta que sea "reconocible" por un sistema de neuronas en concreto. Pero primero, para poder hacer todo eso, nuestro cerebro tiene que tener la capacidad de poder "acomodarse" (y ya se verá en que medida lo hace), al mundo real gracias a una de sus propiedades mas importantes: su plasticidad, tal y como lo ha enunciado Bunge (Bunge, 1980) y la mayoría de los neurofisiólogos (es imposible retrotraerse a la evidencia).

Una sensación cromática, una línea o un dolor de muelas ¿podemos reducirlo exclusivamente a gradientes de frecuencias del potencial neural?. Probablemente no. He aquí la dificultad.

De momento, anotemos las siguientes condiciones:

NOTA 2.1.- Las variables que pueden modificar la información de entrada, de momento son: NQ DE NEURONAS; NQ CONEXIONES EFERENTES; NQ DENDRITAS; TIPO DE SINAPSIS; PREFERENCIA SINÁPTICA; NEUROTRANSMISORES; NEUROPÉPTIDOS y FRECUENCIA DE IMPULSOS

Estas serían, claro está, la cantidad de distintos tipos de condiciones (combinaciones) en las que se puede ver implicado el potencial generado en la figura nº 1.41, o sea, el provocado por la presencia de un fotón en la retina, o por cualquier otra causa generada en el oído,

en la pituitaria, en las yemas de los dedos...etc.

Micro y macrosistemas neurales.

Utilizando las vías, en las cuales los axones de las neuronas se agrupan formando auténticos haces de fibras, podemos hacer un plano o mapa de aquellas partes que quedan entre sí comunicadas. Por eso he creído conveniente confeccionar las láminas de la figura nº 2.3, basadas, con bastantes modificaciones, en otros tantos dibujos efectuados por Nauta (Walle J.H.Nauta y Michael Feirtag: 1979), los cuales tienen la propiedad de ser un gran resumen o diagrama esquemático del SNC de cualquier mamífero, entre los cuales se incluye el hombre. Cada línea del dibujo puede ser substituída por miles o millones de axones. Si nos fijamos bien en dicho esquema, podemos distinguir tres tipos de neuronas en cuanto a su localización, o relación entre los inicios y los finales de inputs y outputs.

Un primer grupo lo constituyen aquellas células que tienen un contacto directo con el mundo exterior (caso del órgano del olfato) o en su defecto, se encuentra próximo, recibe por contacto, presión, vibración, etc un estímulo (sensoneuronas). Luego existen otro tipo de neuronas conectadas directamente a ciertos órganos: músculos, intestino, etc (motoneuronas). Finalmente, un tercer tipo que solo conecta y son conectadas con otras neuronas (interneuronas).

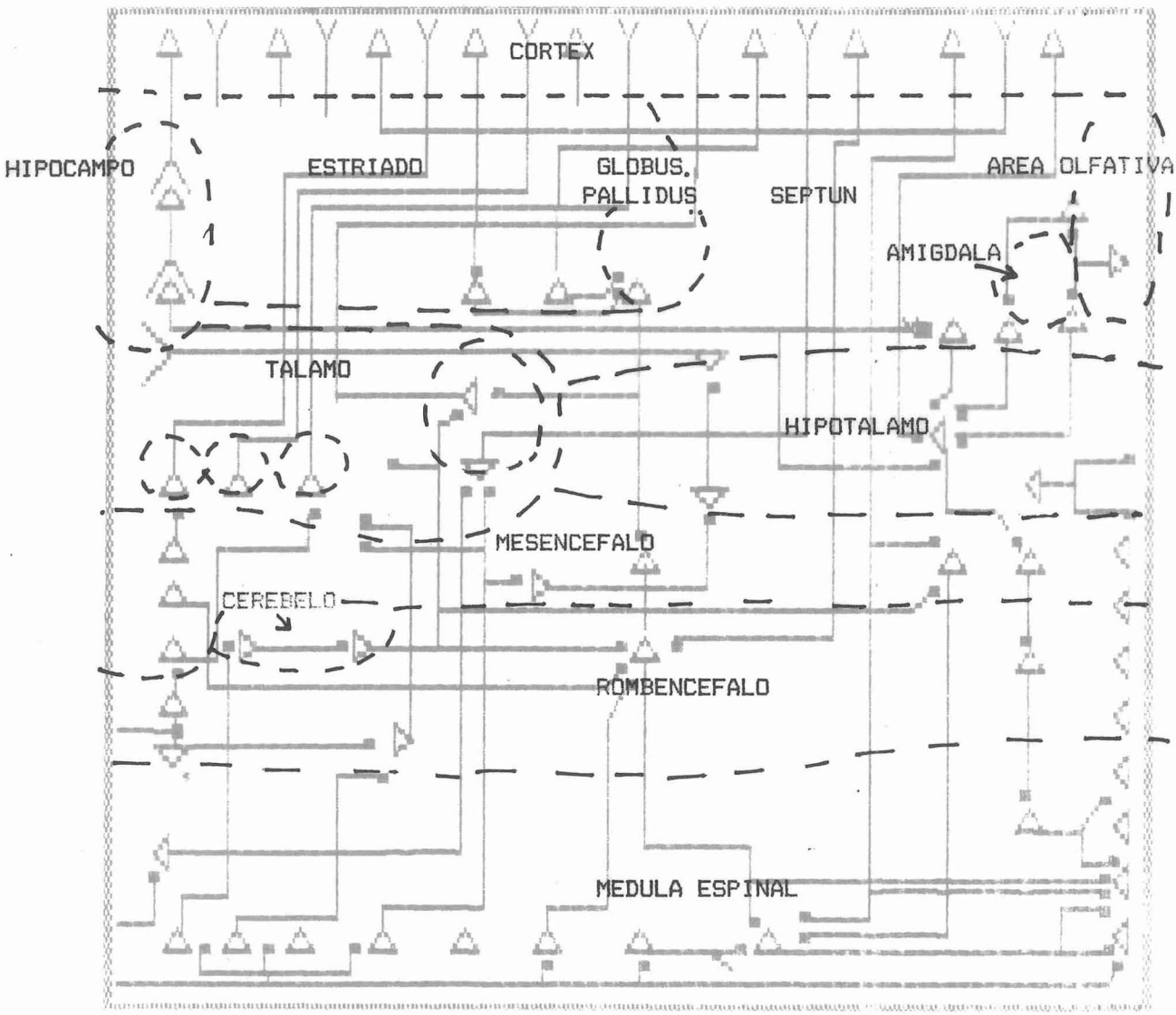


figura nº 2.3.- Interpretación propia basada en W. J. H. Nauta y M. Feirtag: 1979.

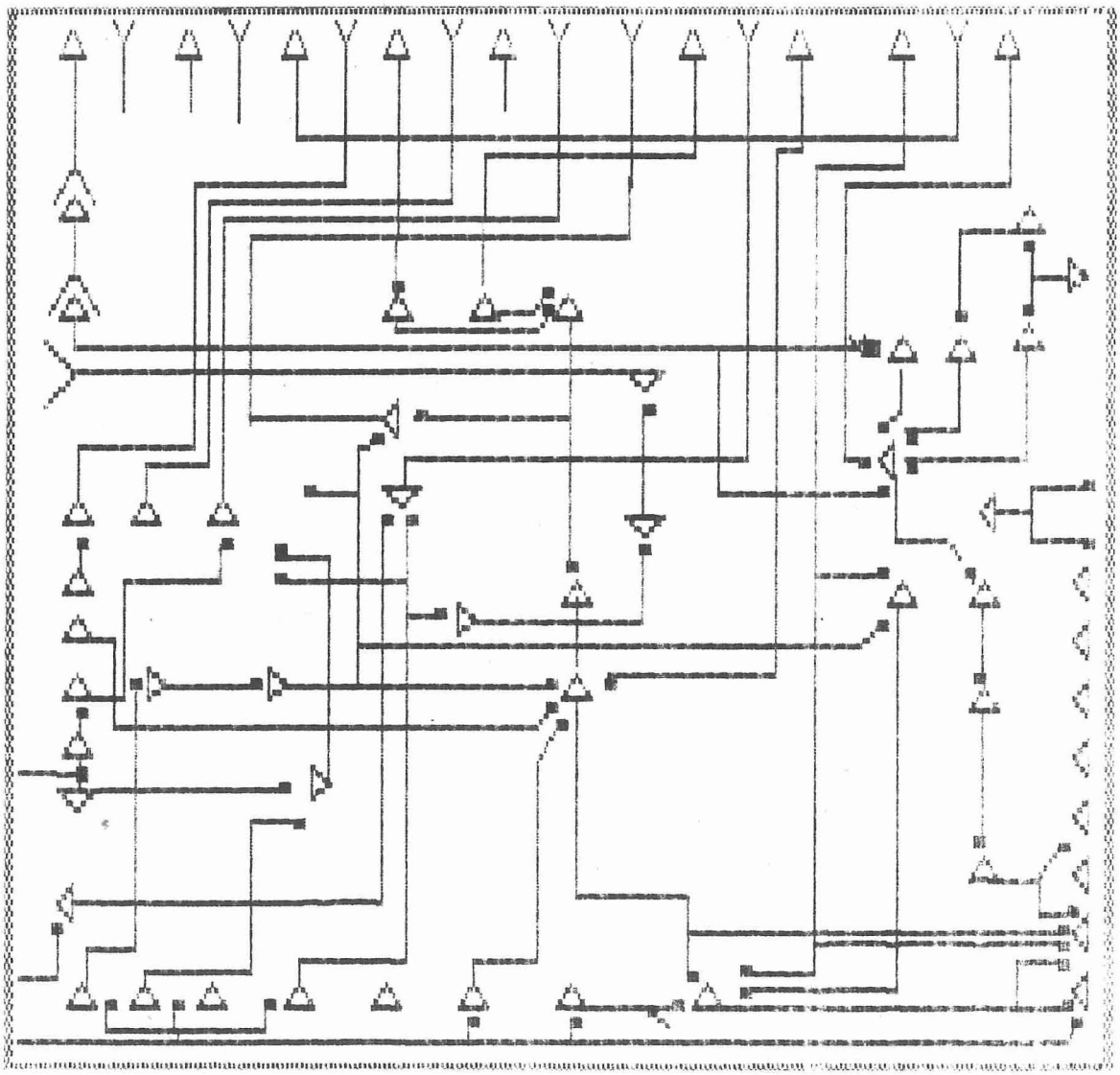


figura nº 2.3.- Interpretación propia basada en W. J. H. Nauta y M. Feirtag: 1979.

Esquemáticamente están representadas en la figura nº 2.4. La división en tres tipos quizás sea mas metafórica que real, puesto que "de alguna forma tienen que estar interconectadas", pero no debemos minimizar su importancia ya que evolutivamente, en los primeros estadios del reino animal, se pasa progresivamente de una fase con total ausencia de neuronas (protozoos) a otras donde existe un solo tipo (anémona), luego dos y finalmente tres (pólipos y medusas) donde se estanca. Con este número se han sentado las bases de la evolución psiquica, sobre todo en los de tipo "interneurona". Digo metafórico, ya que lo mínimo necesario para la existencia de una interneurona es que existan al menos dos, que interconexionadas entre sí por una tercera (la interneurona) se den todas las posibilidades en las cuales se pueden encontrar una neurona, a saber: conectada al exterior (directamente, o a un transductor), conectada al interior (a un órgano, músculo, etc), o inserta entre dos neuronas.

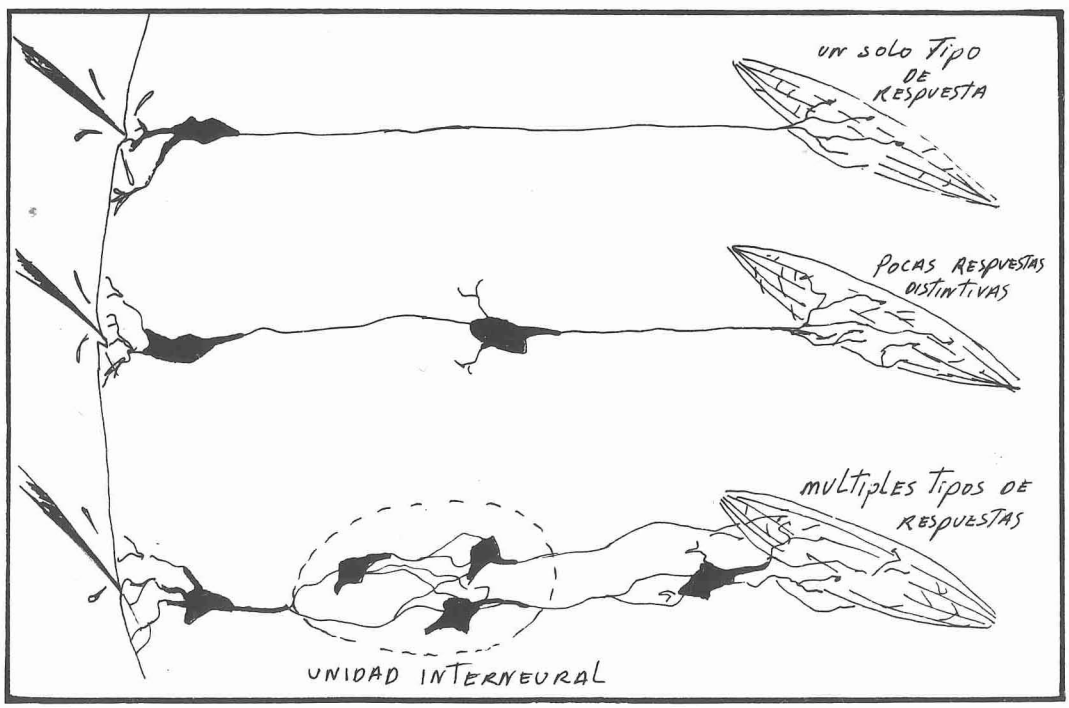


figura nº 2.4.-(creación propia)

Es evidente que constituye una trivialidad, o mejor, un convenio, pero que por razones metodológicas es importantísimo destacar, ya que cuando solo existe un tipo de neurona, lo normal es que esté conectada a un músculo (es a la ver sensora y motora) y al exterior. Por lo tanto, estímulo y reacción muscular son siempre predecibles. Cuando son dos los tipos de neuronas, la cosa no es tan sencilla. La predicción de una reacción muscular y/o etologica en presencia de un estimulo entra dentro del campo de lo probable, no de la exactitud mecánica. En el caso de la existencia de los tres tipos de neuronas, el problema es mayor, tanto mas sea el numero de interneuronas, tanto mas sean las diferenciaciones estructurales y funcionales del conjunto de la masa interneural.

Partiendo de esta distinción, casi todo el SNC está compuesto de interneuronas. Gracias a esta peculiaridad parece "como si" formasen un sistema computacional. Este termino no tiene nada en común con la teoría computacional de la mente (ver "teoria computaciónal" en la tercera parte de este trabajo), por eso aunque aquí hablemos de "imput", "ouput", computacional, etc, es mas en virtud de un "como si" que de una militancia en el seno de esas concepciones de la mente. En su momento ya especificaré mis opiniones.

Las inervaciones de la neuronas sensitivas (primarias o sensoneuronas) difieren sustancialmente según se refieran a un sentido u otro, a una función u otra. Así, en el sentido del olfato, es la propia neurona la que se encuentra en el exterior (mucosa nasal) proyectando sus axones directamente en el córtex olfatorio, sin sufrir trans-

formaciones (sinapsis) algunas. Posteriormente, la corteza conecta con la amigdala y el hipotálamo (transparente de la figura nº 2.3 y fig 2.5). Por lo tanto es un descriminador de gradientes de intensidad por carecer de elaboraciones mas complejas (computación) ni de poseer un elemento de transducción (como en el caso del oído y la vista). Otra de las diferencias es que todos los sentidos tienen una zona a la cual van a parar antes de ser proyectados en el córtex, me refiero al tálamo. La olfación carece de esta circunstancia, siendo la causa de que éste sentido sea el mas subjetivo de todos, o sea, no objetivo o extensible a todos los congéneres. Las mismas cosas nos huelen a todos de desigual manera, salvo excepciones, y las razones de "mal o buen olor" son muy caprichosas y arbitrarias (salvo en el caso de la intervención que hace la cultura).

No ocurre lo mismo con el sistema auditivo. Células ciliares en el órgano de Corti se conectan a neuronas sensitivas primarias, las cuales conectan en los núcleos cocleares con otras (secundarias) que se dirigen al tálamo, mas concretamente al campo geniculado lateral. Y de ahí al córtex.

En cambio, el tracto óptico que proviene de la retina se bifurca en dos haces que se dirigen, una al calliculus superior y otra (la mas densa) al mismísimo grupo geniculado lateral del tálamo. De ahí al córtex. El primer haz se proyecta luego en el núcleo lateral posterior y luego en el córtex, pero en una zona cercana a la de los anteriores. Así, el sistema visual tiene dos vías distintas hacia el córtex.

El sistema táctil, contracciones de músculos, sensaciones de dolor, calor o frío, etc, o sea, lo que constituye la sensibilidad somática, tiene múltiples facetas y van desde lo que se denomina arco reflejo monosináptico, donde la neurona sensitiva primaria está conectada directamente con otra motora (para Nauta, ésto, aunque aparecen en animales muy primitivos marinos, probablemente sea una adquisición reciente de los animales terrestres), hasta conexiones que tras algunas sinapsis llegan al córtex somático.

Por un lado, podemos destacar el hecho de que la información del exterior según sea mecánica, química o electromagnética va a ser tratada en la primera fase de su captación de muy distinta manera. He podido esquematizar este hecho en cuatro niveles diferentes: CONTACTO FISICO DIRECTO (caso exclusivo del olfato), contacto por ENCAUZAMIENTO (amplificación, convergencia, etc), TRANSDUCCION (transformación-traducción de la energía, vibración,etc exterior en potenciales de acción neural), y ELABORACION de la información en el propio órgano receptor (caso exclusivo de la visión). Estas primeras condiciones van a tener consecuencias importantes a la hora de presentar "cualidades" sustancialmente diferentes. Por otro lado, estos potenciales de acción primarios son, así mismo, inervados según secuencias, direcciones y zonas que difieren entre sí, conservando y respetando discretamente su área de actuación tal y como se evidencia de los esquemas que he construido (figura nº 2.5) basándome, a) en el número de sinapsis que realizan antes de llegar al córtex; b) así como en las zonas donde se efectúan dichas sinapsis; y para visualizarlo he construido una tabla de las variables a tomar en cuenta por cada órgano receptor (c).

CORTEX

NGL= núcleo geniclado lateral
NC= núcleos cocleares
CS= colliculo superior
CI= colliculo inferior
CGm= cuerpo geniculado medial
NGP= núcleo geniculado posterior
NFD= núcleo funiculus dorsal
NV= núcleo ventral
M= médula
C= cerebelo
FR= formación reticular
NR= núcleo rojo
T= tálamo
GP= globulus pállidus
E= estriado

OLFATO *----------<

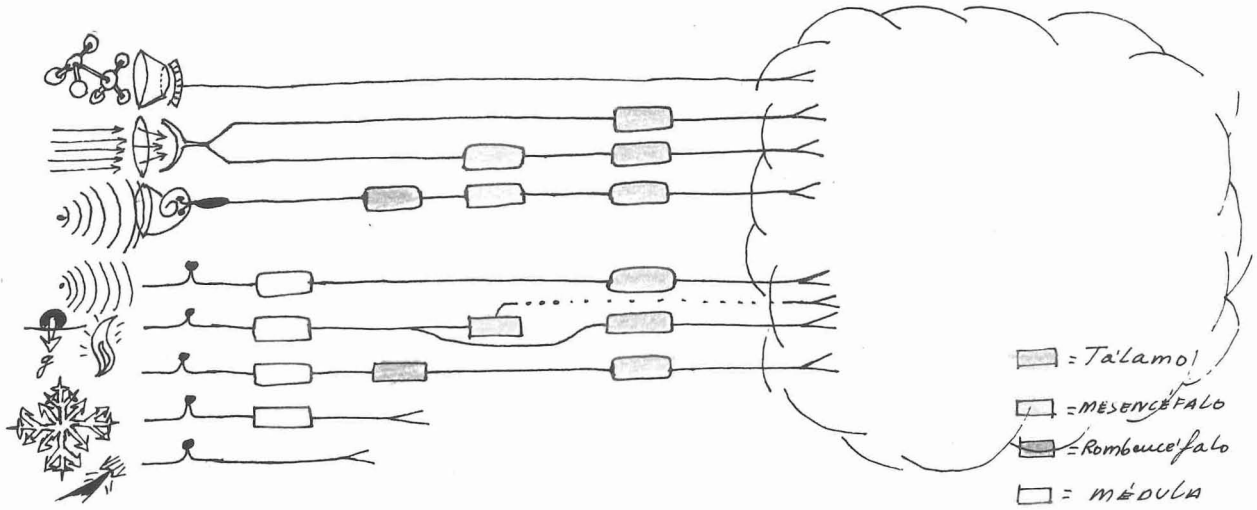
VISTA *--- NGL----------<
*--CS-- NGP----------<

OIDO *--- NC -- CI -- CGm ----------<

TACTO *--- NFD -- NV ----------<
*--- M -- NV ----------<

*--- M -- FR >-- NR -- GP -- E --> (← SALIDA)
*--- M -- C-C --< T

*--- M --- Motoneurona
*--- M --- Motoneurona



SENTIDO	NIVELES DE MODIFICACION DE LA SEÑAL DE ENTRADA				
	NIVEL 1			NIVEL 2	NIVEL 3
	encauzamiento	transducción	elaboración	sinapsis precorticales	Cortex
VISTA	Lente óptica	bastones y tres tipos de conos	conjunto estructural de la retina	mínima (1)	múltiples
OIDO	pabellón auditivo. Organo de Corti.	neuronas sensitivas primarias	X	pocas (3)	múltiples
OLFATO	fosas nasales	X	X	X	pocas
TACTO	X	neuronas sensitivas primarias	X	pocas y muchas	múltiples

FIG. 2.5

Si en esta primera etapa (o sea, de los caminos efectuados por los diferentes receptores antes de proyectarse en el córtex) estamos hablando de una, dos, tres, o con mucho, una decena de sinapsis, y vemos que dicho número guarda ciertas relaciones con las cualidades de la información, nos tendríamos que quedar perplejos e impotentes ante la maraña y el cataclismo sinaptico (en palabras de Nauta) que ocurre en el córtex.

A primera vista parece ser que el córtex es el final de la mayor parte de los imputs que provienen del exterior o de nuestro propio cuerpo, pero esto necesita ser contrastado ya que lo que ocurre en las áreas de proyección y luego en las de asociación, hace pensar (y es aceptado comúnmente) que el córtex es sólo una denominación genérica de lo que en realidad es un conjunto de pequeños órganos (sistemas neurales) interconectados o interrelacionados de manera muy compleja y dónde no queda nada claro de cual de ellos es "el órgano final de la información", allí donde reside la conciencia. Lo mas seguro es que ninguno de los conocidos cumpla dichas características, ya que la conciencia, como muchas otras cosas, es la típica denominación (abstracción) de algo que no constituye por sí sola una "entidad" completa o aislada, sino conjunto o sistema de subsistemas donde la manera en que vemos, sentimos, olemos, pensamos...crean y re-crean dichos contenidos del término.

NOTA 2.2.- A un nivel muy general, las modificaciones que van a sufrir las informaciones que provienen del exterior son del tipo siguiente: CONTACTO FISICO DIRECTO; ENCAUZAMIENTO; TRANSDUCCION; ELABORACION (en el propio órgano receptor, dentro del nivel 1; elaboración precortical o dentro del nivel 2; y elaboración cortical o nivel 3).

2.2.3. el córtex.-

Pero esta idea de cataclismo sináptico no debe hacernos olvidar el alto nivel de orden, (de ordenación de lo que es caótico, de la imposición de restricciones a lo indeterminadamente variable...) al que llega el córtex. Debemos desechar la idea, ya mencionada mas atrás, sobre la equipotencialidad, igualdad o aspecto "amorfo" que aparenta tener dicho órgano.

A la figura 2.3, les he añadido otra serie de dibujos, tal y como se aprecia en la fig. nº 2.6 (Para su confección me he basado en Luria 1969/a, 1969/b y 1969/c, Popper 1977, Bunge 1980, Nauta 1979, ... pudiéndose encontrar justificación a ello en cualquier libro especializado).

A grosso modo, y si partimos de esa idea de "computacionalidad aparente", podemos dividirlo en dos zonas totalmente diferentes: aquella a la que llegan los impulsos que provienen de la zona subcortical, y mas exactamente, de los diversos confines del cuerpo y los receptores, y aquella otra de la que salen impulsos con direcciones múltiples hacia la totalidad del cuerpo, y así mismo, a los receptores.

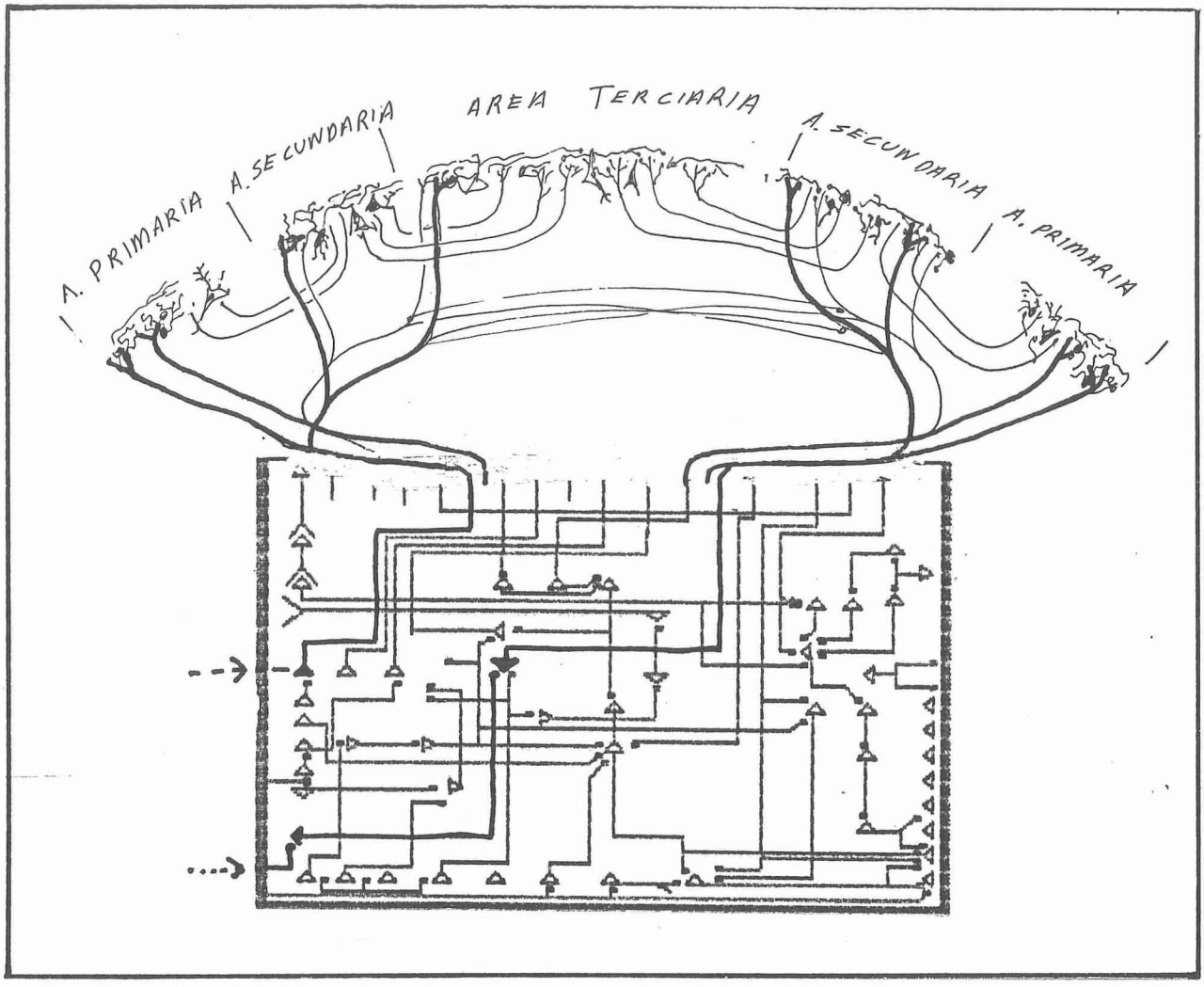


figura nº 2.6.-(W.J.H. Nauta y M. Feitag: 1979 p.62 y Luria 1969/a)

Anatómicamente las correspondencias vienen dadas, si nos fijamos en la figura nº 2.7 , por la posibilidad de aislar tres zonas, según su intercomunicación, y que son coincidentes con las apuntadas: motora (salidas), primarias (entradas) y de asociación.

Citoarquitectónicamente podemos hacer otro plano, pero la forma de la célula o su disposición, si bién es la que crea el fenómeno neural,

es dependiente de la función que desempeña la zona en la que se encuentra (la inversa no es cierta, o sea, que la función que desempeñan sea causa de su forma, ya que la función tiene que ver con el lugar, con el espacio que ocupa)

De esta manera, existen zonas tales como la 4, 17, 41 y 3 que presentan, dentro de sus diferencias, unas constantes significativas, como la presencia en la capa III y V de células piramidales o en la IV de graniformes. La diferencia mas importante es la ausencia de la capa IV en el área 4 y la presencia en la V de las grandes células de Betz. Estas zonas, da la casualidad que son las que están conectadas directamente con el exterior, unas recibiendo información (17, 41 y 3) y otras mandándola (4), con lo cual se corrobora la evolución de las células dentro de su función encomendada.

Las células de Belz están adaptadas para una conducción mas rápida y por el camino mas corto de los impulsos espontáneos. Las células graniformes han evolucionado para transformar los impulsos que llegan por las fibras de proyección aferente y que provienen de los órganos de los sentidos. Están adaptadas para conexiones córtico-subcorticales bilaterales, a través de los caminos mas directos y también los mas cortos.

En contraste con estas zonas, existen otras que están especializadas en la asociación de impulsos que llegan precisamente de las áreas ya tratadas, así como a la integración recíproca de dichos impulsos.

Otras áreas parecen no tener relación alguna con ningún receptor en especifico y su estructura celular parece haber evolucionado para efectuar relaciones interneurales muy finas. De esta manera, podríamos obtener los esquemas citoarquitectónicos de la figura nº 2.7 (Instituto del cerebro de Moscú, en Luria, p.79. o los de Bailey y Bonin, también en Luria, p.92). Ahora bien, no es casual que los dibujos coincidan entre sí, habiendo sido obtenidos haciendo énfasis en diferentes factores: función, crecimiento, riego sanguíneo, mielina...etc. A nosotros nos interan particularmente dos: su función y su maduración.

Funcionalmente, las áreas se corresponden con un aumento de la complejidad funcional según pasemos de la zona nuclear a las zonas periféricas de asociación. Las afecciones en las áreas primarias llevan consigo la pérdida inmediata de la percepción, disminuyendo dicha gravedad según pasemos a la secundaria y terciaria. Si el énfasis lo ponemos en su especificidad, o sea, su relación con algún órgano en particular, se da un solapamiento funcional mas intenso cuanto mas nos alejemos de las zonas nucleares. De esta manera, es evidente que las lesiones en estos lugares distantes de los primarios, sean leves, tanto en cuanto que estas regiones son el resultado de la interacción común de varios órganos. Las áreas terciarias no realizan ninguna función analizadora especifica y *"...transformándose enteramente en la elaboración adecuada de las formas mas complejas de las relaciones de espacio y de tiempo entre los estímulos reales y complejos y en la operación de dichas relaciones en el proceso de interacción activa del organismo con el mundo exterior. En este plano se*

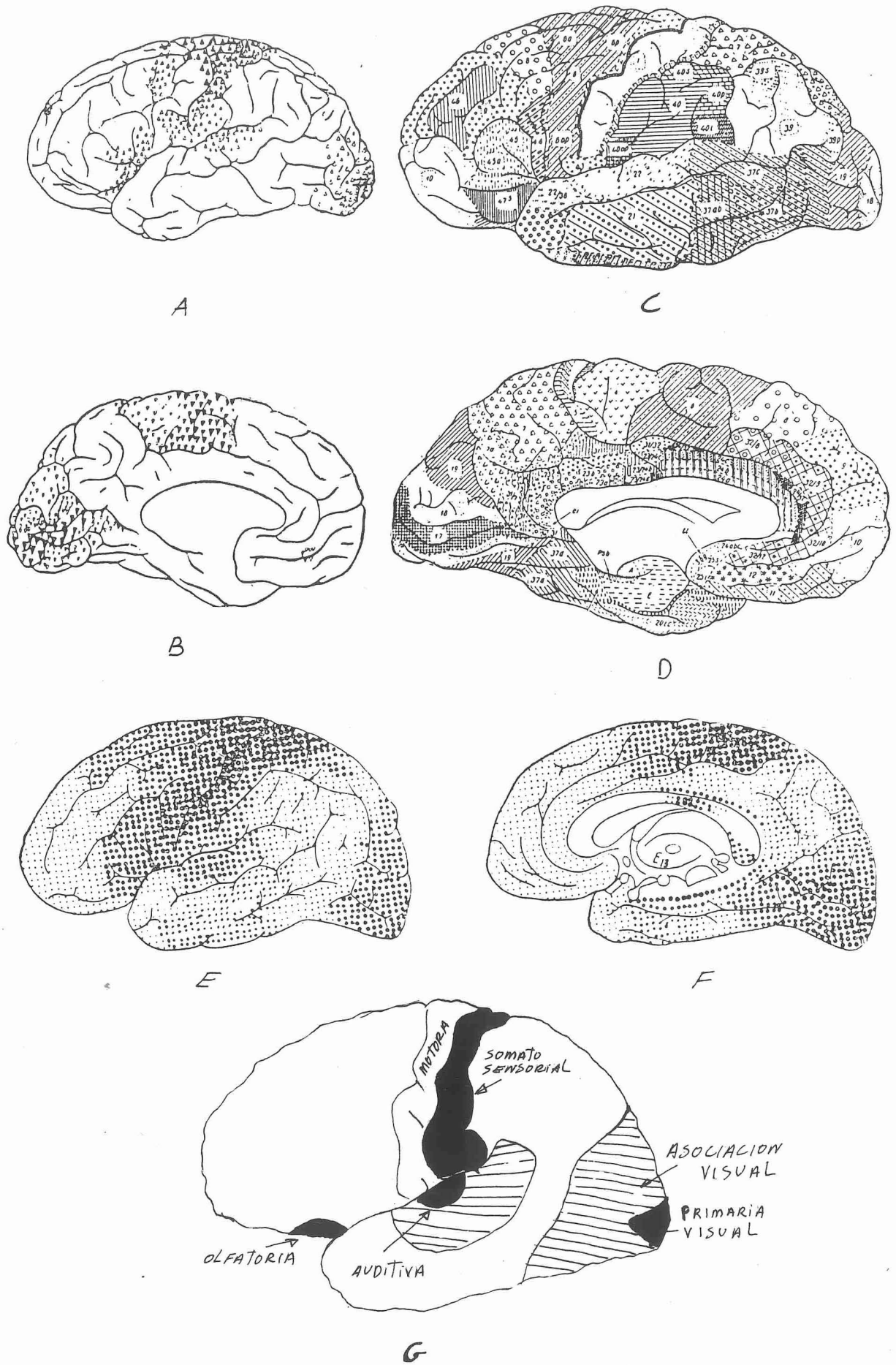


figura nº2.7.- "a" y "b", distribución de las grandes células de las capas V y III (Bailey y Bonin, en Luria 1969 p.92). "c" y "d", mapa de las áreas citoarquitectónicas del córtex (Luria, 1969 p.79). "e" y "f", mapa mielogenético de Vogt, según el tiempo de maduración de las zonas (Luria, 1969 p.112). "g", areas de proyección primaria y las de asociación vsual y auditiva (interpretación propia)

pueden observar las áreas terciarias de la corteza como una reunión de elementos "dispersos" de los analizadores...pero de interacciones funcionales entre los analizadores, que trascurren, por añadidura en un nivel superior de actividad interactiva de la corteza." (Luria 1969/a p.96)

Otras investigaciones que estudian la evolución del cerebro en diferentes especies, constatan la progresiva diferenciación de las regiones cerebrales tanto filo como ontogenicamente. La clara localización de una zona primaria solo es posible en el hombre ya que en los otros animales suele estas bastante solapada y mezclada con otras áreas que reciben impulsos de diversos receptores. En cuanto a la ontogenia está muy claro la diferente maduración que presentan las zonas del córtex según transcurre el tiempo. Como cabría de esperar, las zonas de proyección primaria maduran en las primeras semanas, en contraste con las áreas de recubrimiento que lo hacen en los primeros años.

Todo parece apoyar la tesis de poder subdividir el córtex tal y como lo hemos hecho, pero con ello nos alejamos cada vez mas de la seguridad que pueda darnos unas subdivisiones en las cuales podamos poner el rótulo de "área donde se procesa el color rojo" o afines en un lugar concreto. Todo se desvanece por instantes. Cada vez es mas difícil saber lo que pasa en el córtex con respecto a las sensaciones que percibimos.

De una manera o de otra, queda claro que una cadena de impulsos que

alcanza el córtex va a ser modificada, primero en si misma, luego con relación a otros impulsos, cada vez menos específicos con respecto a un receptor en concreto. También ha quedado claro que dependiendo de un receptor o de otro, las zonas por donde penetra es distinto y así lo serán también el conjunto de variables apuntadas anteriormente, ya que su distribución por el córtex no es la misma, sino proporcional a su función, con lo que redundan en hacer mas ricas las posibilidades y diferencias de los casi infinitos estados neurales en los que puede estar el cerebro. De momento, subdividir el cerebro en una docena o mas de zonas no nos dice nada, ya que muchas sensaciones son el resultado de cientos, miles, o millones de productos interactivos provenientes de la no menos cantidad de subsistemas, micro o macrosistemas, cada uno de los cuales está encargado de analizar, sintetizar o integrar una parcela en concreto.

Pero al intentar descubrir estas pequeñas parcelas, que son precisamente lo que nos puede interesar para dilucidar de cuantas partes se compone una sensación (en nuestro caso: la sensación de color) nos vamos a encontrar con otros problemas. Se sospecha, y a veces se constata con mas o menos fundamento, la existencia de dichas zonas, pero su localización difiere de cerebro a cerebro, no siendo similares ni en su tamaño ni incluso en su existencia o persistencia en el tiempo.

¿Que quiere decir todo esto?. Al menos, partiendo de esta particularidad podemos hacer una nueva distinción y es, precisamente, en que existen composiciones neurales constantes (digamos, las áreas de

proyección primarias tienen necesariamente que existir desde el principio, si bien pueden modificarse con el tiempo) donde su eficacia se basa en su permanencia. Por el contrario existen composiciones variables, que se crean por unos momentos, que cambian de lugar, itinerantes, etc, teniendo que ser esta característica "eficaz" en algún sentido. ¿Que puede suponer la existencia de composiciones variables?. Trabajando conjuntamente con los de composición constante, la existencia de variabilidad y temporalidad solo puede llevarnos a admitir la existencia de una gran capacidad de modificación de casi todos los circuitos neurales, siempre que se mantengan discretamente constantes las entradas que nos comuniquen con el mundo real. Esto no es otra cosa que la repetida PLASTICIDAD, y dada su importancia será mejor concederle un apartado donde poder analizarla mas detenidamente:

2.2.4.-**variables neurales. La plasticidad.-**

Antes de hacer un estudio mas profundo sobre el área visual, o lo que es lo mismo, antes de abandonar el ámbito o la perspectiva que nos ofrece "lo general", no nos vendría mal recapacitar un poco sobre lo dicho y enumerar algunas de las variables que hemos apuntado:

NQ DE NEURONAS x NQ CONEXIONES EFERENTES x NQ DENDRITAS x TIPO DE SINAPSIS x P.SINÁPTICA x NEUROTRANSMISORES x NEUROPÉPTIDOS x POTENCIAL

...y mas recientemente, hemos hecho notar la importancia del LUGAR donde se ubica la neurona (x, y, z), así como su dependencia del TIEMPO (t), mas conocida como plasticidad. Es evidente que de momento

estas variables (lo mismo que cuando lo hicimos con la energía electromagnética) no son nada sin una relación matemática, pero a nosotros nos vale como delatoras de la capacidad modificadora del cerebro.

Nadie mejor que Mario Bunge (Bunge,1980 p.74-77) ha resumido en forma de postulados los presupuestos básicos de la plasticidad.

"postulado 2.1 -Todos los animales que tienen sistema nervioso poseen sistemas neuronales que están comprometidos, y algunos animales también tienen sistemas neuronales que son plásticos (o no comprometidos, o autoorganizables).

postulado 2.2 -Los sistemas neuronales que regulan el medio interno y las biofunciones del animal recién nacido están preprogramados (comprometidos).

postulado 2.3 -Los sistemas neuronales plásticos (no comprometidos) de un animal se encuentran conectados unos a otros formando otro sistema. A este supersistema lo denominaremos supersistema neural plástico del animal, P para mayor brevedad.

postulado 2.4 -Todos los animales dotados con sistemas neurales plásticos (psicones) son capaces de adquirir biofunciones nuevas durante su vida.

definición 2.8 -Cualquier función neural que involucre un sistema neural plástico (es decir, un psicón) que haya adquirido una conectividad regular (es decir, que es constante o varía con regularidad) decimos que es aprendida.

La plasticidad no solo se constituye en un dato evolutivo de reciente aparición, sino en el eje conceptual sobre el que radica la capacidad de acondicionamiento al medio por parte de sus portadores. Y no solo al medio, sino a los infinitos medios (físico, ecológico, etológico, de culturas especificas, etc).

Esta claro que esta propiedad esta montada en base a las variables que hemos definido, pero es también verdad que mucho de lo dicho hasta ahora se nos torna trivial y a veces tautológico. Todo tiene una importancia capital y necesaria pero sin una ejemplarización al respecto se nos muestra un tanto intangible. He pensado, para terminar este apartado, intentar responder a una cadena de cuestiones cada una de las cuales lleva implicita la ausencia o carencia de una variable.

Número. ¿Es posible la sensación, el pensamiento, la mente...sin neuronas ...o con un número muy bajo de ellas?. Es evidente que sin neuronas no pueden existir nada relacionado con lo síquico. La mente es una biofunción y como tal implica a células, las cuales tienen que pertenecer a un sistema (una célula como mínimo) tal que incluya dentro de su estructura " *a) la regulación o el control de alguna de las biofunciones del animal, y b) la detección de sucesos internos y ambientales y la transmisión de señales provocadas por esos sucesos.*" (Bunge,1980 p.69). Nada de esto es posible sin células, y si contamos con algunas de ellas podemos decir que existe ya un sistema nervioso, quizás del tipo ganglionar o red (como los gusanos) pero con la particularidad que con doce neuronas, el número de estados posibles de dicho sistema sería algo así como de 2^{12}, que si lo comparamos con el de los humanos es un tanto ridícula, ya que hay mas estados posibles que átomos en todo el universo (la mayoría de los ordenadores tienen también esta capacidad numérica) con lo cual hay que pensar que aunque la "cantidad" no implica que ocurran sensaciones, percep-

ciones,etc, al menos es necesaria cierta capacidad numérica que se corresponda con la variabilidad del mundo físico.

Las dendritas. Sin dendritas no habría intercambo de informaciones entre neuronas. Es lógico que ninguna de las funciones superiores podrían existir en sistemas de este tipo ya que solo tendrían las posibilidades expresadas en la figura nº 2.4 que hemos comentado mas atrás. No habría relación entre neuronas, áreas, etc, ni procesos integrativos. La consecuencia mas inmediata sería la falta, casi ausencia, de capacidad interpretativa de los estímulos provenientes del exterior.

Las sinapsis. Con un solo tipo de sinapsis (axón-axón, axón-dendrita, etc) es mas difícil ver lo que ocurriría de una forma drástica. Esta claro que simplificaría un poco su estudio ya que el camino de los impulsos eléctricos seguirían una dirección determinada. Los efectos tendrían relación con una merma en las capacidades de relación entre neuronas, sistemas o áreas.

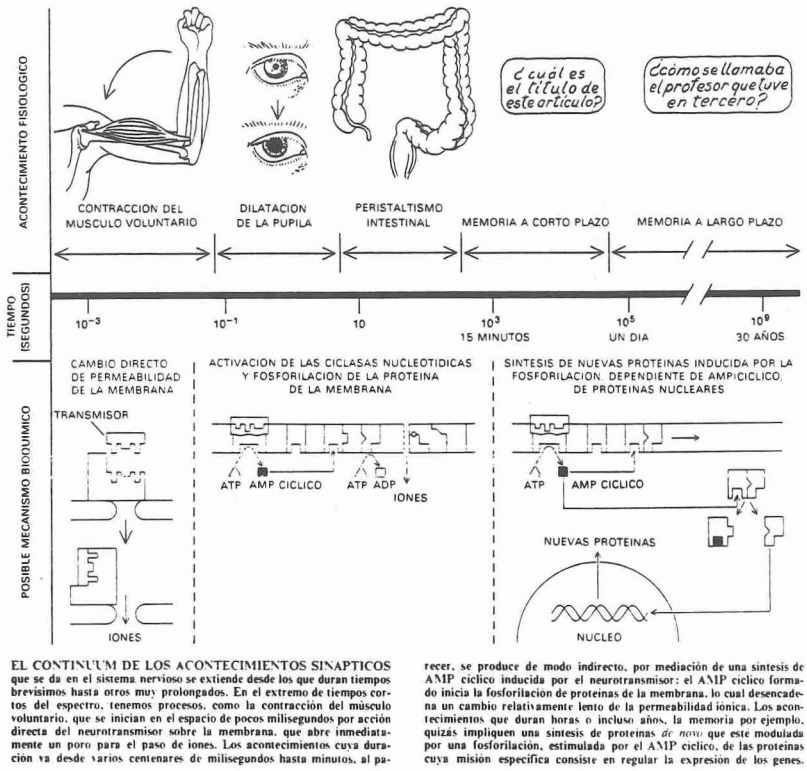
Preferencia. Si no existiese transformación en la "forma" de la sinapsis por su uso, está claro que no existirían caminos mas probables que otros dependiendo de los impulsos que provienen del exterior. En la creación de topologias u hodologias (caminos) es en lo que se basa el cerebro , conjuntamente con otras cosas (ver mas abajo), para hacer coincidir estados neurales con composiciones o matrices de impulsos aferentes. No es otra cosa que lo que denominamos memoria y aprendizaje. La ausencia de esta capacidad imposibilita el acomodarse

a un entorno nuevo, a una circunstancia no habitual, a un minimo cambio en el ambiente. Con toda propiedad podemos decir que no existiria plasticidad neural.

Neurotransmisores y neuropéptidos. Con un solo tipo de neurotransmisor o neuropéptido, con toda probabilidad nos encontramos con algo que su ausencia tendría fatales consecuencias. No se conoce bien muchas de sus propiedades pero algunas investigaciones apuntan a la capacidad de "retardar", "relentizar","acelerar", etc, las trasmisiones de impulsos. Nos tendríamos que preguntar ahora la importancia que tiene la velocidad en las trasmisiones sinápticas. La velocidad, dentro de otras cosas, es una de las bases fundamentales de la memoria. Hay que pensar que una serie de impulsos a los que se les puede retardar su manifestación fisiológica una hora, o poder causar sucesos treinta años mas tarde, no es otra cosa que memoria. (ver James A. Nathanson y Paul Greengard, 1977 y figura nº'xx8 perteneciente a ellos)

Otra de las consecuencias de la alteración del tiempo de transmisión, lo demuestran los casos clínicos de trastornos en el exceso o en la carencia de la dopamina, manifestándose como una esquizofrenia o un Parkinson respectivamente.

El lugar. ¿Y si careciese de la capacidad de formar psicones a gusto o incluso, de que la propiedad de una estructura neural fuese independiente del lugar que ocupa.?. Esto es lo mismo que decir: ¿que



EL CONTINUUM DE LOS ACONTECIMIENTOS SINAPTICOS que se da en el sistema nervioso se extiende desde los que duran tiempos brevísimos hasta otros muy prolongados. En el extremo de tiempos cortos del espectro, tenemos procesos, como la contracción del músculo voluntario, que se inician en el espacio de pocos milisegundos por acción directa del neurotransmisor sobre la membrana, que abre inmediatamente un poro para el paso de iones. Los acontecimientos cuya duración va desde varios centenares de milisegundos hasta minutos, al parecer, se produce de modo indirecto, por mediación de una síntesis de AMP cíclico inducida por el neurotransmisor: el AMP cíclico formado inicia la fosforilación de proteínas de la membrana, lo cual desencadena un cambio relativamente lento de la permeabilidad iónica. Los acontecimientos que duran horas o incluso años, la memoria por ejemplo, quizás impliquen una síntesis de proteínas *de novo* que esté modulada por una fosforilación, estimulada por el AMP cíclico, de las proteínas cuya misión específica consiste en regular la expresión de los genes.

figura nº 2.8.-(figura y texto de J.A. Nathanson: 1977 p.94)

ocurriría si nuestro sistema nervioso no fuese plástico o en el caso que lo fuera, indeferenciado o equipotencial?. Si no es plástico no puede formar, crear o deshacer (olvidar) sistemas o subsistemas dependientes de la relación entre lo cambiante del entorno y los intereses del propio ser que lo porta. Sería un tipo de ser biológico muy especializado y apegado a un entorno muy especifico, con unas pautas de comportamiento inscritas (y sin posibilidad de cambio) en su pool genético.

Una estructura equipotencial, independiente del lugar que ocupa, es una estructura neural en la cual, y por necesidad de definición, la

diferencia entre dos tipos diferentes de sensaciones tendrían que tener basada su diferencia en su "métrica" y no en su "topologia" (tal y como es la nuestra), con lo cual se produciría un problema conceptual absurdo: ¿como podría distinguir el cerebro, o el centro de la "conciencia", que unos impulsos provienen de un sentido o de otro?..si los distingue no puede ser por su "metrica", a no ser que las distancias entre las entradas de los sentidos sea tal que ciertas "métricas" solo estén reservadas a ciertos sentidos y a otros no, con lo cual el problema no sería de "medida" sinó "topológico". Por lo tanto, un ser con un córtex equipotencial, tendría solo una suerte de grados de intensidad de un tipo de sensación exclusivamente o en caso contrario, de una mezcla al azar de distintas sensaciones, que no guardarían relación alguna con el exterior.

2.2.5.-¿Estamos ahora en condiciones de redifinir el suceso neural?.-

No. Aunque hemos descrito la estructura y anatomía del cerebro, así como denotado las variables sobre las que basa su poder de modificación, no es suficiente para redefinir lo que hemos dicho sobre el S.N.V.I. ya que todo lo descrito solo nos vale para darnos cuenta de que lo que existe tiene la necesidad de ser así, si quiere mantener la capacidad y la plasticidad que pondera. Han quedado muchas lagunas sin explicar pero algunas de ellas es mejor afrontarlas mas adelante.

Ahora bien, el siguiente paso que tenemos que dar es el definir lo que sería un "campo receptor", ya que éstos los solemos identificar macroscopicamente con los ojos, el tacto, el gusto, el oido ... y a

éste nivel solo podemos referirnos a imagenes de árboles, montanas, sonidos y ruidos, etc. El campo receptor al que tenemos que acceder es de otro tipo. Es a aquella estructura neural que parece haber evolucionado para la captación de cierto tipo de información del exterior.

Anotemos pues, para que no se nos olvide:

NOTA 2.3.- A las variables neurales anteriormente definidas hay que añadir otros dos: su UBICACION y la PLASTICIDAD, o sea, (X, Y, Z) x (t).

NOTA 2.4.- Hay que recordar que la ecuación de variables solo nos puede responder si lo neural es capaz de proporcionar un espacio de estados comparable a la variabilidad del mundo físico; si puede modificarse según cambie lo físico; o si es capaz de almacenar parte de dichas modificaciones.

2.3.-CONCEPTO DE CAMPO RECEPTOR

Tenemos que partir de que el cuarenta por ciento de todas las fibras sensoriales que penetran en el sistema nervioso central del hombre están relacionadas con la visión. Si bien existe, como se vera mas adelante, una gran diferencia entre el número de fotorreceptores y el de fibras del nervio óptico, sigue siendo ilógico que partiendo de un tipo de cerebro como el que estamos defendiendo, definamos como campo receptor a cada uno de nuestros foto-receptores, o incluso a un conjunto de ellos. Es difícil mantener que cada punto del mundo exterior se corresponde con cada punto del mundo percibido, o algo similar. Sabemos que si A es lo exterior y A' su percepto, $A \neq A'$ ya que no son lo mismo, sino otra cosa. Su semejanza podemos plantearla pero en otros términos distintos a los de identidad.

De esta manera se hace necesario definir lo que sería el campo receptor, o sea, aquello con lo que el conjunto cerebral (ojo, retina, córtex, etc) extraen propiedades del mundo físico y terminan por configurar lo que sería A'.

2.3.1.-¿Podemos conjeturar el concepto de "campo" partiendo de la descripción anatómica del sistema visual?.-

En parte si y en parte no. Dependiendo del nivel de generalización de que partamos así será nuestra explicación. A saber, sea la figura

nº 2.9 el típico esquema del sistema visual; se ve como la información que proviene de la retina se bifurca en el quiasma óptico, pasa por el

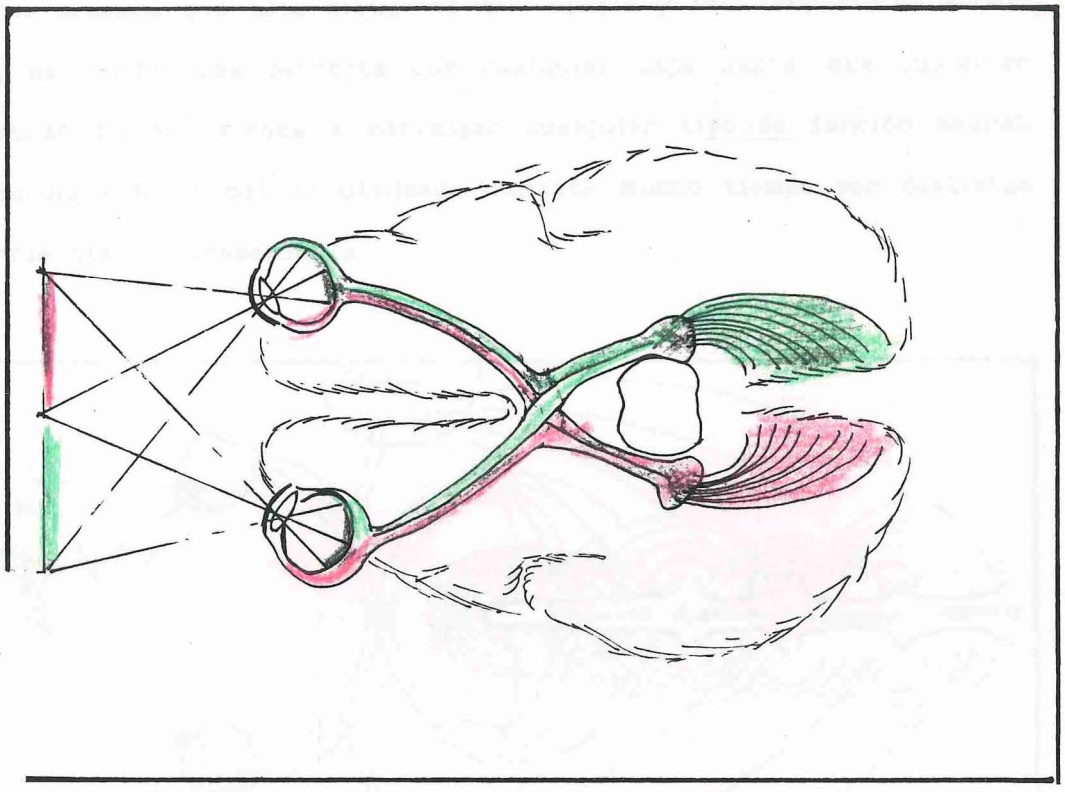


figura nº 2.9.-(interpretación propia)

núcleo geniculado y de ahí se proyecta en el cortex. Es evidente que esto no nos aporta nada sino que mas bien levanta dudas de la siguiente naturaleza: ¿porqué tienen que bifurcarse en el quiasma óptico? ¿porqué la mitad de la retina se proyecta en el cerebro izquierdo, y la otra mitad en el derecho?...etc. Vemos pues que estas preguntas, en principio, nada tienen que ver con nuestra percepción sino mas bien con "porquesís" de lo que nos tiene acostumbrado lo biológico, de todo aquello donde entren términos como adaptación, especialización, conservación genética, radiación...etc. Podemos pensar algo como: sea A un objeto físico y "a" su proyección en la retina ... luego "1/2a'" y "1/2a"" se proyectarán en los cortex izquierdo y derecho respectiva-

mente donde serán cotejadas, comparadas, etc dichas imágenes. Aunque todos sepamos que este dibujo es muy simple y esta explicación anodina, es mucho mas perfecta que cualquier caja negra, que cualquier abstracción que tienda a minimizar cualquier tipo de función neural. Esto ha sido el método utilizado durante mucho tiempo por distintas corrientes de pensamiento.

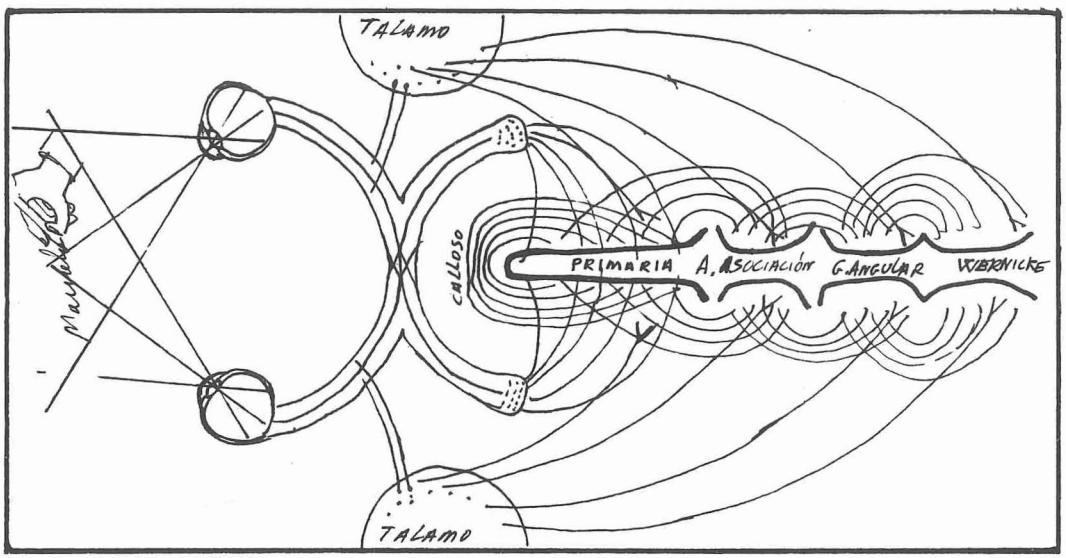


figura nº 2.10.-(interpretación propia)

Si profundizamos un poco mas, podemos partir de la figura nº 2.10 donde comienzan a visualizarse las variables anotadas en el punto anterior. Podemos seguir el discurso diciendo: ...no solo estas informaciones van a ser cotejadas individualmente sino que gracias al cuerpo calloso los datos del lado izquierdo se interrelacionarán con los del derecho. Seguidamente pasarán a las áreas de asociación, al giro angular y al área de Wernicke, en el supuesto de que esta persona no se encuentre exclusivamente "viendo". Aquí ya no nos vale creer que

una forma (un triangulo, una cara, un gesto) pueda llegar a Wernicke ¿qué algo visual puede residir en esta zona-dominio de lo lógico-sonoro?.

Pero si la profundización es todavía mayor estas dudas se generarán en la misma retina, en el paso del geniculado o en el cortex, tal y como se presentan en la figura nº 2.11. El panorama es a todas luces hipercomplejo.

Aunque estos esquemas y dibujos serán explicados mas adelante, cabe señalar, a propósito de nuestra pregunta, que no se puede conjeturar nada que no pase necesariamente por un análisis mucho mas fino de la estructura neural. Posteriormente es posible, solo posible, ver de que extraña naturaleza esta constituida la percepción o mas concretamente (y primitivo) lo neural.

2.3.2.-¿Porqué conjeturamos una hipercomplejidad retiniana?.-

Primeramente debemos decir que el problema mas general con el que nos encontramos es que su estructura no nos facilita el poder inferir de ella, de una manera sencilla, su función. Esto viene dado por múltiples variables que entran en juego en un espacio muy reducido, a la par de ser la primera estructura con la que se encuentra la mal conocida información de entrada. Del "como" esta dispuesta la es-

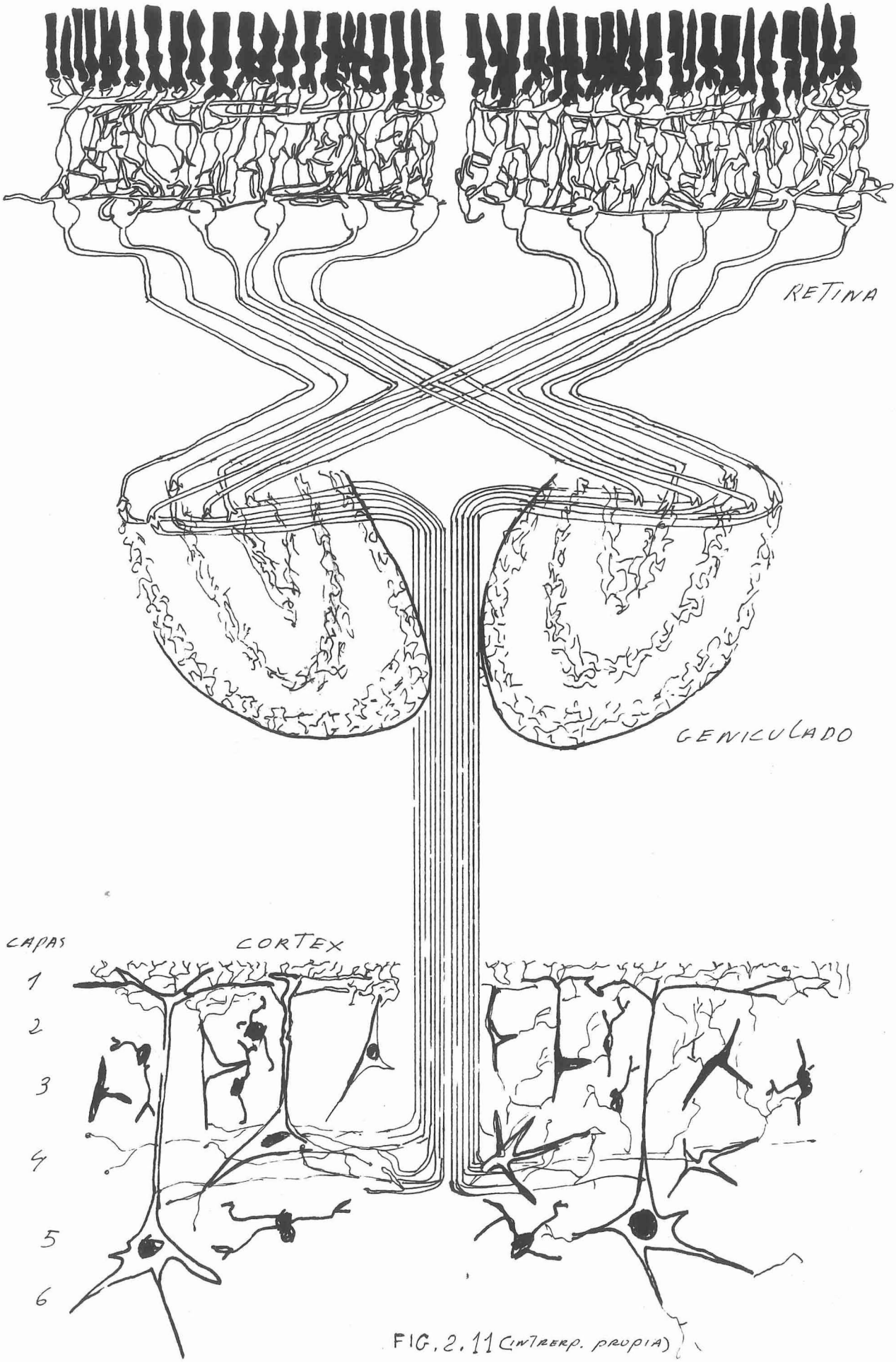


FIG. 2.11 (INTRERP. PROPIA)

tructura debiéramos de inferir no solo su función, como hemos dicho, sino como se construye lo percibido.

Si recordamos lo que hemos dicho sobre las biofunciones en la primera parte de este trabajo, ahora tenemos que aplicarlo y ampliarlo en el sentido de que la retina, en su nivel mas elemental es un paquete de fotorreceptores, de los cuales podemos diferenciar cinco clases de neuronas, tres conectadas directamente con el cerebro y dos de interrelación entre ellas. A saber: fotorreceptores, células bipolares, células ganglionares, células amacrinas y células horizontales. Además, dentro de cada grupo se subdividen en múltiples formas y tamaños, lo cual hace casi imposible subdividirlas.

Ahora bien, aunque sea incompleta, necesitamos saber la lista de variables que intervienen en este nivel. Para hacernos una idea de lo que vamos a hacer veamos la figura nº 2.12. En el corte esquemático y en la explicación aparecen los diferentes tipos de células. En las figuras se ven claramente la naturaleza del problema ¿que hacemos con esa maraña que es infinitamente mas intrincada que el córtex (si las neuronas de la retina tuviesen el mismo tamaño que en el cortex, nuestros ojos se igualarían con las dimensiones del cerebro).

Así lo mejor será ir respondiendo a cada una de las variables definidas en el punto anterior:

1) El número de neuronas viene dado por la suma de sus diferentes

tipos. Mas o menos, la relación entre ellas es algo constante entre los vertebrados y mamíferos. Por ejemplo, en la rata existen las siguientes cantidades:

bastones	9.180 000
conos	120 000
bipolares	3 530 000
fibras nerviosas	260 000

(S. Lashley, citado en C.U.M. Smith: 1970 p.183)

En el hombre existen 3.000 000 de conos, 100.000 000 de bastones y aproximadamente 1.000 000 de fibras nerviosas en el nervio óptico.

2) El factor "número de conexiones" como el "número de dendritas" nos mostrará su naturaleza si conseguimos enumerar los tipos de diferentes células, lo cual podemos ver en el esquema siguiente:

fotorreceptores	bastones conos de onda corta conos de onda media conos de onda larga
celulas horizontales	
celulas amacrinas	A II dopaminergicas colinergicas acumuladoras de indolaminas
celulas bipolares	
celulas ganglionares	

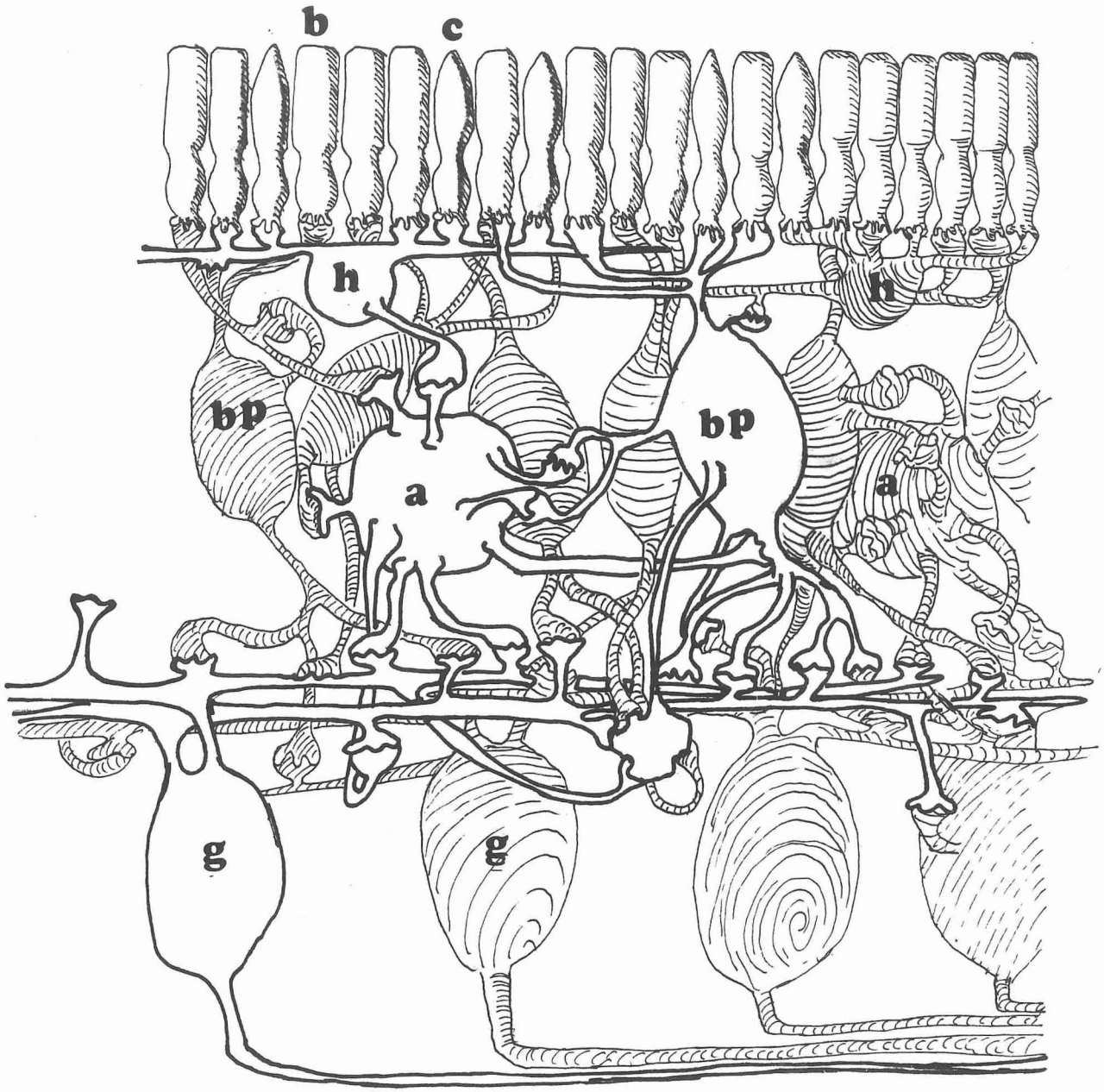


figura nº2.12: Esquema de interpretación propia, según textos y dibujos de Tomaso Poggio, Richard Masland, Boycott, etc. "B"= fotorreceptor tipo bastón. "C"= fotorreceptor tipo cono. "H"= célula horizontal. "BP"= célula bipolar. "A"= célula amacrina. "G"= célula ganglionar.

3) el número de conexiones eferentes, el número de dendritas, el tipo de sinapsis, así como la probabilidad sinaptica es del mismo tipo y cantidad que la del resto del cerebro no teniendo al respecto nada específico. Por otro lado, estas variables solo tienen un interés numérico, y son imposibles de cuantificar tanto en cuanto sobrepasan con creces cualquier expectativa o número mínimo que podamos definir como "finitud de las posibilidades de estados" que puedan alcanzarse en la retina.

4) neurotransmisores y neuropéptidos: De forma muy especial, estas variables tienen una significación importante en la retina. Berndt Ehinger, Nicholas C.Brecha y Harvey J. Karten descubrieron muchos neurotransmisores cerebrales, así como la existencia de múltiples neuropéptidos que actuan como neurotransmisores. Esto, unido al hecho de que cada uno de ellos esta asociado a cada tipo de neurona diferente, hace que la diversidad, variabilidad cualitativa, etc, sea insospechada: *"cuando un neurotransmisor se une al receptor de la célula postsináptica, en ésta se registran cambios bioquímicos y fisiológicos específicos. Si las células amacrinas difieren en su morfología (señal de que también lo son las conexiones que establecen en la retina) y a la vez contienen distintos neurotransmisores, sus funciones biológicas no pueden ser las mismas ... da la impresión de que existen mas clases de células que tareas a desempeñar."*(Richard H.Masland, 1987 p.61, el subrrayado es mio)

2.3.3.-funciones atribuibles de las células de la retina.-

Sobre estas células hay que decir que Boycott y Heinz Wässle fueron los primeros que estudiaron su disposición dentro de la retina. Pero si bien, los fotorreceptores tienen clarificada su función, no es tan evidente en el caso de las demás. Quizás las ganglionares, al estar unidas directamente con el cerebro, se puede decir que son las transmisoras de impulsos, pero también que configuran el concepto de "convergencia", o sea, de que cada célula de estas recoge información de una constelación de otras células. Las horizontales sirven, como norma general, para interrelacionar los fotorreceptores. Pero aquí no se consumen sus funciones. Se cree que en las células que presentan antagonismo periférico, están relacionadas con las células que realizan conexiones laterales, que les sirven de mensajeras. O sea, cuando el centro de una célula ganglionar responde al estímulo de la luz (por medio de la vía directa), su periferia, que actúa en sentido contrario, podría recibir estímulos liberados por las células horizontales o amacrinas.

En el caso de las células amacrinas, Tauchy y H. Masland fueron los que descubrieron el entrelazado entre ellas. Distinguen cuatro tipos de células, las AII, las colinergicas, las dopaminergicas y las acumuladoras de indolaminas, siendo su forma la que se indica en las figuras nº 2.13.

Para Masland (Masland 1987, p. 64-66) las células amacrinas A II, regulan el funcionamiento de ciertas células ganglionares y las de

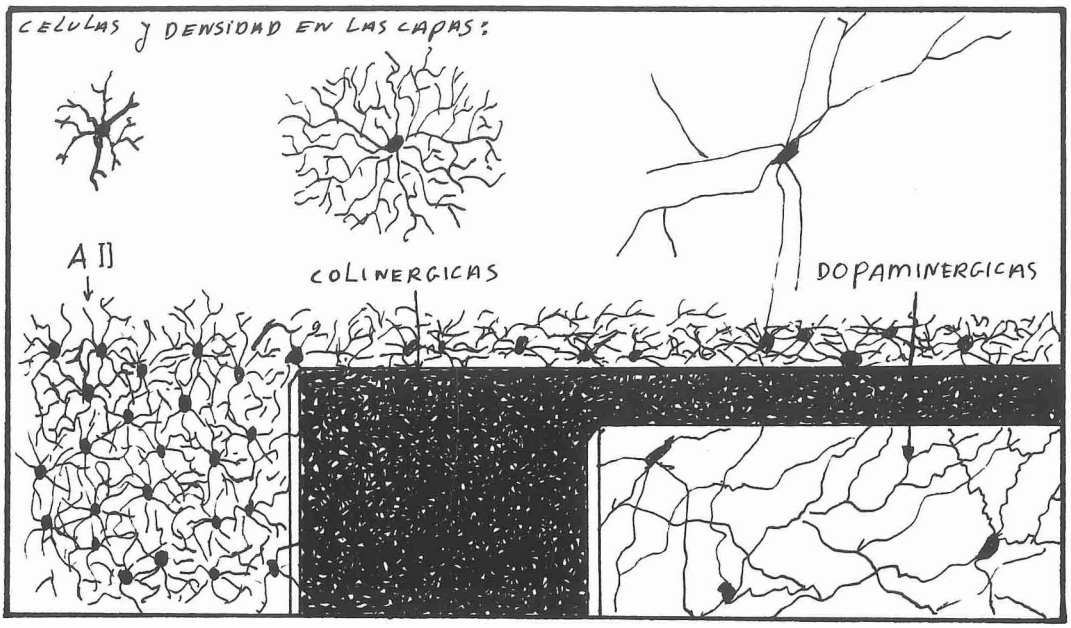


figura nº 2.13.-(interpretación propia basada en Masland: 1987 p.66)

selección de dirección, conectan las ganglionares con las bipolares, pero quizás lo mas importante sea el hecho de la descarga de un potencial de acción en presencia de luz, y su inhibición cuando es estímulo luminoso es continuo. Por lo tanto no esta de mas decir que están involucradas en agudizar las respuestas transitorias, o lo que es lo mismo, en aquellos estímulos de poca o corta persistencia en la retina, amplificándola en cierto sentido, tal y como se deduce de su funcionamiento con luces muy fuertes y muy débiles. El misterio es que existen mas de treinta tipos diferentes y sus funciones tienen que ser proporcionales.

Por su tamaño, las amacrinas dopaminergicas solo puede estar involucradas en procesos de poca resolución, de función difusa ,intermediarios en la excitabilidad global de las neuronas de la parte interna de la retina. Son muy escasas, de ocho a diez mil.

De esta manera, las colinergicas se constituyen en las mas interesantes desde el punto de vista de finura analítica ya que se solapan unas sobre otras (solapamiento de sus campos) siendo capaces de discriminar puntos mucho mas pequeños que su tamaño. Se pregunta Masland: ¿cómo podía una célula de tamaña extensión transmitir información precisa acerca de un estímulo menor que ella misma?. La razón la encuentran en el aislamiento eléctrico de las dendritas de la célula *"lo que permite que una región libere localmente acetilcolina hacia una célula ganglionar, sin que se produzca liberación del neurotransmisor en zonas más distantes."*(Masland, 1987 p.63)

Otro tipo recientemente descubierto por Masland son las denominadas acumuladoras de indolaminas. Hay cinco tipos distintos y son muy abundantes, creando con sus dendritas una intrincada malla. Se desconocen sus funciones.

Existen otras tantas o mas formas de clasificar las células ganglionares tal como presento en la figura nº 2.14, donde me baso en los textos W. R. Levick (Levick: 1975 p.660) y H.Wässle, Peichl y B.B. Boycott (1981, p.344) . Aquí son denominadas según su forma concéntrica o no concéntrica. La similitud con las amacrinas mas que sorprendente podemos decir que es lo que cabría de esperar.

1)CONCENTRICAS :

a) Rápidas..... ALPHA CELLS

..... BETA CELLS

b) Lentas.....

2) NO-CONCENTRICAS :

a) detector de bordes
b) selectividad de dirección
c) codificación de color
d) detector de uniformidad
e) borde-inhibición off-centre

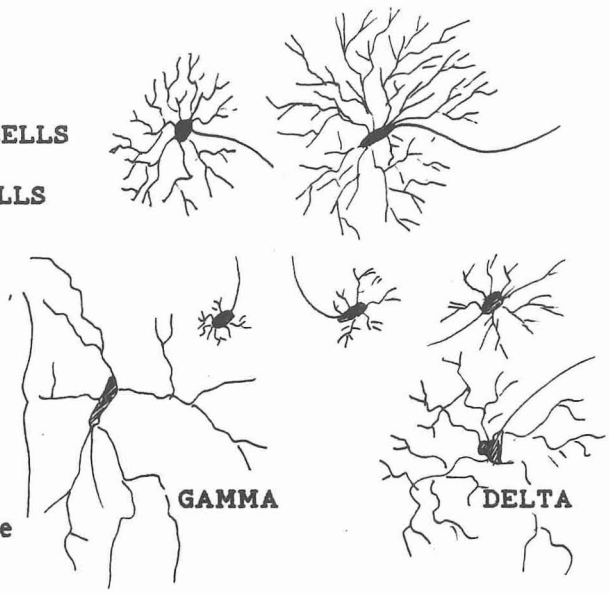


figura nº 2.14.- (según W.R.Levick: 1975 p.660-661 y H. Wässle, Peichl y B.B. Boycott: 1981 p.344)

Está claro que esto daría mucho de sí, si tiramos un poco de la cuerda. Pero seamos discretos. Solo dos cosas:

Queda suficientemente demostrado que la retina está perfectamente diseñada para analizar información "en general", y solo a través del apredizaje, para analizar "tipos" de información. Y lo digo por una circunstancia en especial: la trama de las neuronas denotan al menos un gradiente de análisis: desde aquellas informaciones que a causa del solapamiento de las células son capaces de discriminar fenómenos mas pequeños que la propia célula, hasta el de aquellos, que por su rareza, se destinan a fenómenos menos finos.

El poder "plástico" que atribuimos al cortex humano es muy probable

que también lo tenga la retina ya que no hay nada que impida su poder de modificación. Por otro lado es también lógico que al estar en contacto directo con el mundo fisico (el electromagnético), aquello que tenga que aprender (aquello en lo que se tiene que modificar la retina) suceda en los primeros momentos del ser viviente (dias, semanas a lo sumo). El hecho de que todos veamos de la misma manera parece corroborar el hecho de que tiene que existir cierta predisposición genética para hacerlo de dicha manera. Si bien es cierto que exiten razones genéticas, éstas acaban en el diseño de la retina, y a su extensibidad a toda la especie. Por el conntrario, si ponderamos cierta capacidad de aprendizage, la razón mas congruente es el hecho de que la materia es para todos la misma. Por lo tanto podemos anotar:

NOTA 2.5.- La estructura retiniana denota el haber evolucionado para captar información cuyo referente material es inespecífico. Así mismo, se puede conjeturar cierta capacidad de aprendizaje de la retina.

2.3.4.-¿Las respuestas a estimulaciones son buenos indicios de los límites del campo receptor?.-

Las investigaciones sobre esta parte del cerebro (la retina es cerebro) han sido llevadas a cabo en sus primeros momentos casi exclusivamente por Ramón y Cajal, quien lo dijo casi todo sobre ella, y mas recientemente por Kufler , Jarome Y.Lefttin, H. R. Maturana, W.H.Pitts, McCulloch, B.Barlow, Levick, etc, quienes han investigado

sobre las retinas de ranas, conejos y primates, pero ya con estimulaciones eléctricas o lumínicas. Aunque todas estas investigaciones son muy ricas en cuanto datos, comprensión, y dimensión del problema, no podemos recogerlas todas y solo me ceñiré a lo mas importante, ya que muchas de estas investigaciones son paradigmáticas, tales como las de Hubel y Wiesell sobre el cortex visual, y mucho mas allá nadie ha llegado.

Kufler investigó las respuestas de las células ganglionares cuando se estimulaban con luz. descubrió que proyectando pequeños puntos luminosos, las células individuales respondían al estímulo de un área precisa del campo visual. De esta manera, se han podido distinguir dos tipos de células, las excitadoras y las inhibidoras..."*es más, el centro actúa en oposición a la región que lo rodea, la periferia. Si la estimulación del centro del campo receptor excita a la célula, la estimulación de la periferia de dicho campo la inhibe... en otras palabras, la periferia actúa de antoganista, de ese modo, la célula desarrolla un proceso elemental de intensificación por contraste.*" (Masland, 1987 p.56)

Ahora bien, el concepto de campo receptor se le ha dado a este hecho, al de la posibilidad de excitar una célula ganglionar dentro un área mas o menos extensa. Dicho área aumenta o disminuye con la intensidad de la luz. Y sobre tipos de comportamientos cabe citar los descubrimientos de H.K.Hartline, el cual distingue tres tipos diferentes de campos receptores: los ON, Off y ON-OFF, siendo su comportamiento de la siguiente forma: (recogido en CUM Smith, p.187-188)

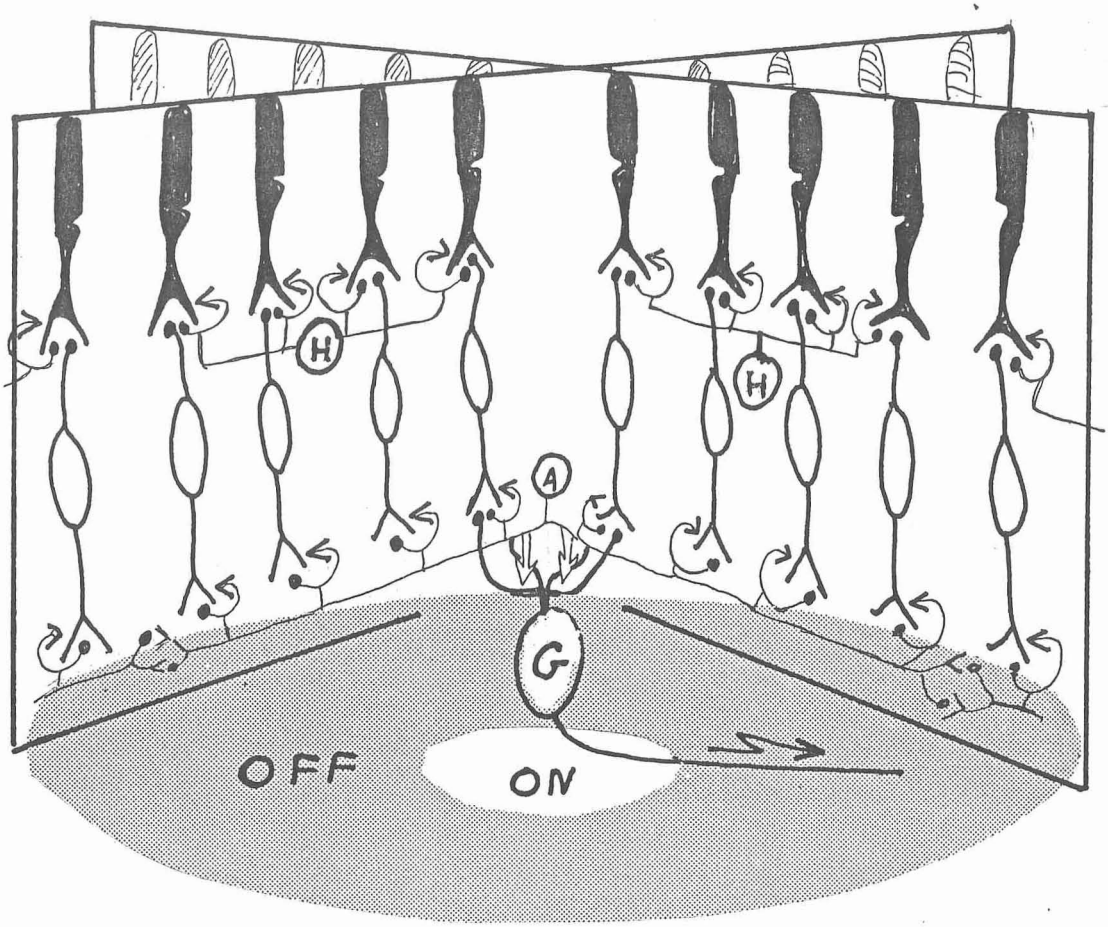
campo ON.- cuando un haz luminoso cae sobre el campo ganglionar, dicha célula genera un tren de impulsos que son proporcionales a la intensidad de la iluminación y al área del campo iluminada

2-campo OFF.- Cuando se ilumina un campo ganglionar, ésta célula deja de generar impulsos, o sea, permanece inactiva hasta que deja de estar iluminada.

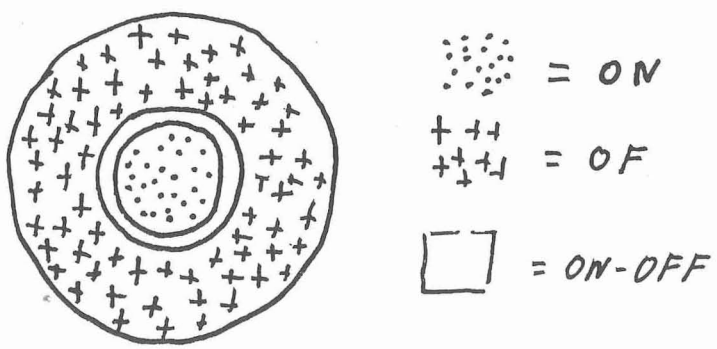
3-campo ON-OFF.-la célula ganglionar se activa cuando se ilumina y cuando se deja de iluminar. Se supone que están involucrados en el seguimiento de bordes, al ser una respuesta transitoria.

Pero aquí no acaba la cosa. Es de suponer, y estamos en lo cierto, que en la retina de los mamíferos se dan todo tipo de combinaciones de campos receptores, tales como los descubiertos en la retina del conejo por parte de W. R. Levick, y que se muestran en la figura nº 2.15 y 2.16. O los detectores de líneas, los de uniformidad o los de orientación entre los muchos que se conocen.

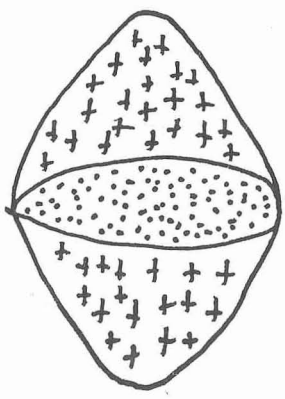
Otro de los descubrimientos es la célula selectiva direccional, cuyo campo receptor es sensible a la dirección de un estímulo en movimiento: *"si se estimula el campo receptor de la célula con una luz fija, la respuesta es uniforme en toda la extensión de dicho campo receptor. Pero, si el punto luminoso se mueve lentamente a lo largo del campo, el comportamiento de la célula cambia radicalmente: transmite una serie ininterrumpida de potenciales de acción cuando el punto luminoso se mueve en un sentido y transmite muy pocos, o ninguno, si lo hace en sentido contrario."* (Masland, 1987 p.58)



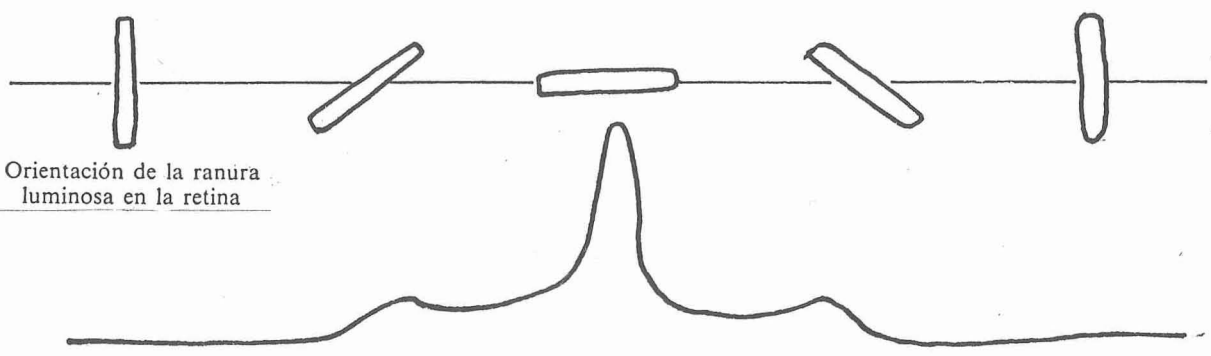
Esquema muy simplificado de la retina. Conjetura de como puede generarse un campo receptor con centro ON y periferia OFF. (adaptado de Dowling J.E. y Boycott, R.B. (1966), en C.U.M. Smith 1970 p.192)



campo receptor retiniano típico.



Campo selector de orientación en la retina del conejo.



Orientación de la ranura luminosa en la retina

Respuesta de la célula ganglionar

(adaptado de Lewick, W.R., en C.U.M. Smith, 1970 p.190-196)

FIG. 2.15

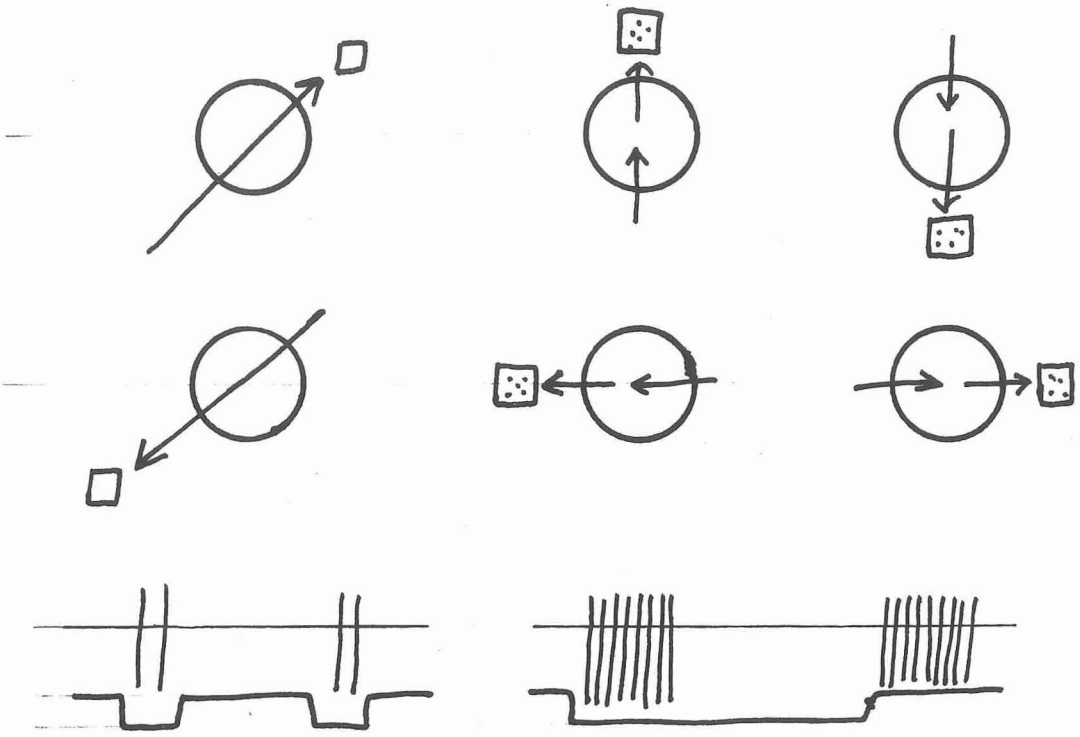


figura nº 2.16.- Supuesto detector de líneas locales de la retina del conejo. Las respuestas solo son importantes cuando el objeto pasa por delante del campo receptor a poca velocidad. (adaptado de Levick:1967 citado por C.U.N. Smith: 1970 p.195)

Recientemente, Tomaso Poggio y Christof Koch (1987) han estudiado la forma en que las células de la retina podían cuantificar dicho movimiento. En sí, no es distinto a lo enunciado por Barlow o Levick hace años, pero aquí se conjetura la manera en que puede ser efectuado. Parten, para que se comprenda su postura, de lo que denominan biofísica de la computación, donde estudian las células como si de transistores o pastillas de transistores se tratase. Ya he comentado que no hay que tener miedo de estos términos ya que las semejanzas son tales que no es de extrañar que "además de" computar la información, generen otro tipo de funciones. Se basan en el retardo que efectúa la

amortiguación sináptica generadas por distintos tipos de impulsos, los de excitación y los de inhibición. Dada la complejidad de los términos y la extensión de su explicación, valga como resumen la figura nº xxh, donde se muestran las dos facetas en las cuales una está generada por un movimiento en sentido preferente y otro en sentido nulo. La figura está basada en la de Tomasso Poggio y Christof Koch, 1987, p.33)

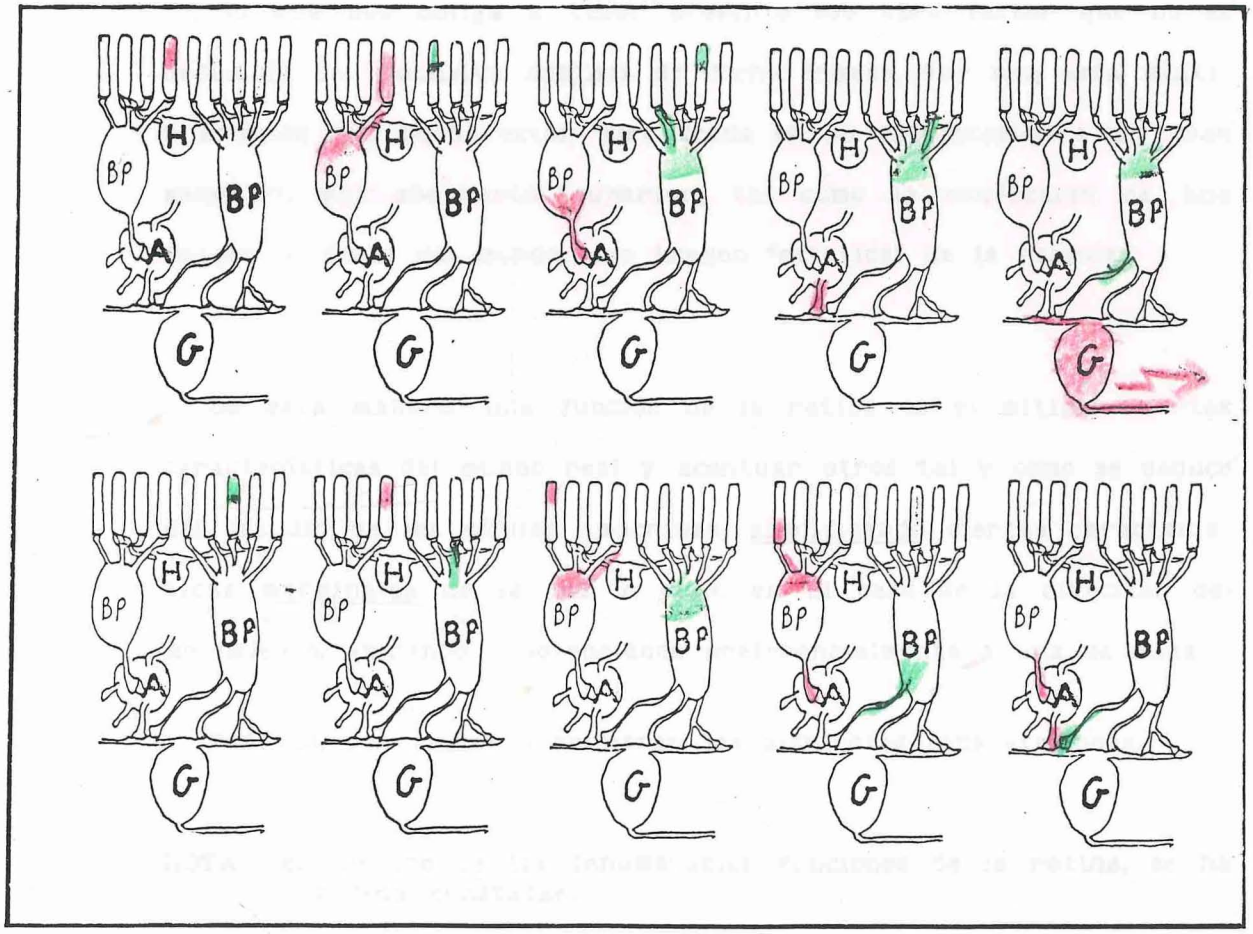


figura nº 2.17.-Dos procesos distintos que denotan la capacidad selectiva de dirección de los impulsos. En la imagen superior dos fotones hacen blanco con una diferencia de tiempo sobre un grupo de fotorreceptores. En estas circunstancias (que son las mismas que si el referente material estuviese en movimiento de izquierda a derecha) la celula ganglionar es excitada. En la imagen inferior la cadencia de los blancos van de derecha a izquierda, y la célula ganglionar es inhibida. (según T. Poggio y Ch. Koch: 1987 p.33).

2.3.5.-¿Que podemos aislar, a modo de resumen, de lo dicho sobre la retina?.-

La primera cosa que salta a la vista es la cantidad de funciones que puede realizar la retina. Unas mejor conocidas y otras peor, pero que demuestran la capacidad analítica de su estructura. Así, para hablar sobre campos receptores tenemos que pensar que el funcionamiento de un órgano no puede separarse fácilmente de su objetivo biológico, lo que nos obliga a tener presente ese otro factor que no es deducible del exclusivo análisis de dicho órgano. Por eso, esta multirrecepción solo puede estar justificada en su supeditación a un "plan general", mas abstracto, superior, tal como la confección de una imagen unitaria del mundo, una imagen "estética" de la realidad.

De esta manera, una función de la retina es el mitigar ciertas características del mundo real y acentuar otros tal y como se deduce del estudio de las células amacrinas, amplificando ciertas características marginales de la luz, o como en el caso de la dirección del movimiento, anulando o potenciando preferencialmente a una de ellas.

Podemos, por lo tanto enumerar las siguientes constataciones:

NOTA 2.6.- Dentro de las innumerables funciones de la retina, se ha podido constatar:

-la existencia de selección de radiaciones (bastones y conos)
-la existencia de campos ON
-la existencia de campos OFF
-la existencia de campos ON-OFF
-la existencia de detectores de bordes
-la existencia de detectores de líneas
-la existencia de detectores de color
-la existencia de detectores de uniformidad
-la existencia de detectores de velocidad
-la existencia de detectores de dirección

Por todo esto y por las muchas capacidades que se le suponen, podemos decir que la retina codifica el mundo visual en series de impulsos nerviosos, pero también es evidente que estos impulsos pueden ser agrupados en conjuntos según la especificidad o característica cualitativa extraída en el proceso. Por el contrario, no podemos decir lo mismo sobre las instantáneas estéticas, ya que éstas han sido definidas, de siempre, como atemporales, y de momento la información es puramente temporal. Es de suponer, por lo tanto, que esa propiedad atemporal que se le atribuye a la imagen tenga que realizarse en otro lugar, allí donde existan interrelaciones totales por unidad de tiempo, si bien su secuencia también conforma un todo coherente. Cabe hacer hincapié en la necesidad de codificación según unos patrones muy fuertes, no solo para poder acceder siempre a una misma realidad "continua" en el tiempo sino porque para que esto ocurra, el cerebro tiene que aprender a interpretar lo que la retina codifica, o sea, le tienen que llegar unidades, series o familias de impulsos que puede "reconocer", o lo que es lo mismo, que tienen características invariables en relación con la estructura neural.

Por último, debemos preguntarnos si la retina tiene capacidad de acomodación para un posible cambio en el patrón de estímulos, a lo cual, creo que ha quedado suficientemente claro que por parte de la retina existe la capacidad de efectuar cualquier función que bien tengamos en conjeturar, el problema es saber cuales. Su estructura no tiene límites.

Una de las particularidades que demuestran la complejidad de la

retina es el hecho apuntado mas arriba de que podemos ver un punto cuya imagen retínica es mas pequeña que el tamaño del campo receptor mas pequeño que podamos definir. Esto, lo mismo que nos sorprende por su capacidad nos demuestra el poco conocimiento que tenemos todavía sobre la retina.

Otro punto que esta involucrado en todo esto es la abrumadora convergencia, algo así como de 100 a 1 (ver figura nº 2.18). Sospecho que el gran milagro del rendimiento retiniano esta en la capacidad que tiene un solo fotorreceptor de excitar múltiples células ganglionares como, por lo contrario, de no excitar a ninguna, cuando, el gradiente de excitabilidad de un solo fotorreceptor va desde un solo fotón a diez mil millones de fotones. Así, con toda facilidad, el espacio de estados de la retina puede superar con creces cualquier número que definamos. Esa es su capacidad de aprendizaje, el reducir dicho número en exclusivamente los espacios de estado que puedan servir como patrones al cortex, a las áreas de asociación, a donde sea.

Como complemento a las notas anteriores cabe sumarles las siguientes:

NOTA 2.7.- La retina codifica las interacciones electromagnéticas en unidades, grupos o familias de impulsos de una manera "normalizada" con un carácter netamente temporal. Por contra, lo que se denomina "instantánea estética" no parece residir a este nivel.

NOTA 2.8.- Es necesario que las normalizaciones de la codificación retiniana tenga características invariables con relación a la estructura neural. O sea, que puedan ser "reconocidas" a niveles superiores.

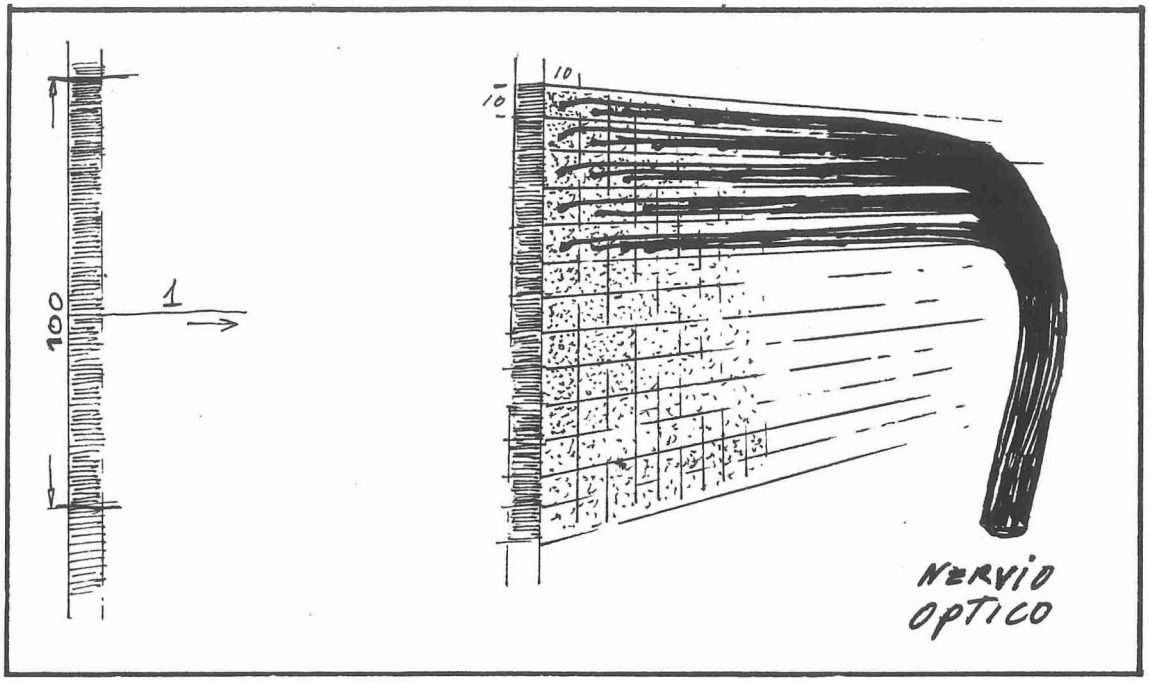


figura nº 2.18.- La convergencia de 100 a 1 está representada en dos formas distintas. Una de ellas es lineal, y la otra,mas realista, es plana o bidimensional. Esto nos puede hacer comprender la manera en que se efectúa el análisis del mundo exterior. Aunque en la figura cada nervio óptico se dirige mas o menos a una porción de retina, la verdad es que el solapamiento de las zonas es amplisimo. Hay lugares, por ejemplo en la fóvea, en los cuales podemos encontrar que un mismo punto pertenece al "campo" de actuación de algunos cientos de miles de células. (figura y texto de elaboración propia)

2.3.5.-El análisis continua. Paso por el cuerpo geniculado y proyección en el córtex.

Un millón de fibras nerviosas, que proceden de las células ganglionares, salen hacia el cerebro. Este haz se bifurca de manera muy especial en el quiasma óptico. Posteriormente cada haz vuelve a bifurcarse, pero esta vez no es de forma proporcional. Una pequeña parte se proyecta en la colliculos superior y la mas densa en el núcleo geniculado lateral. Aquí forman sinapsis y su disposición es como indica en la figura nº 2.18.

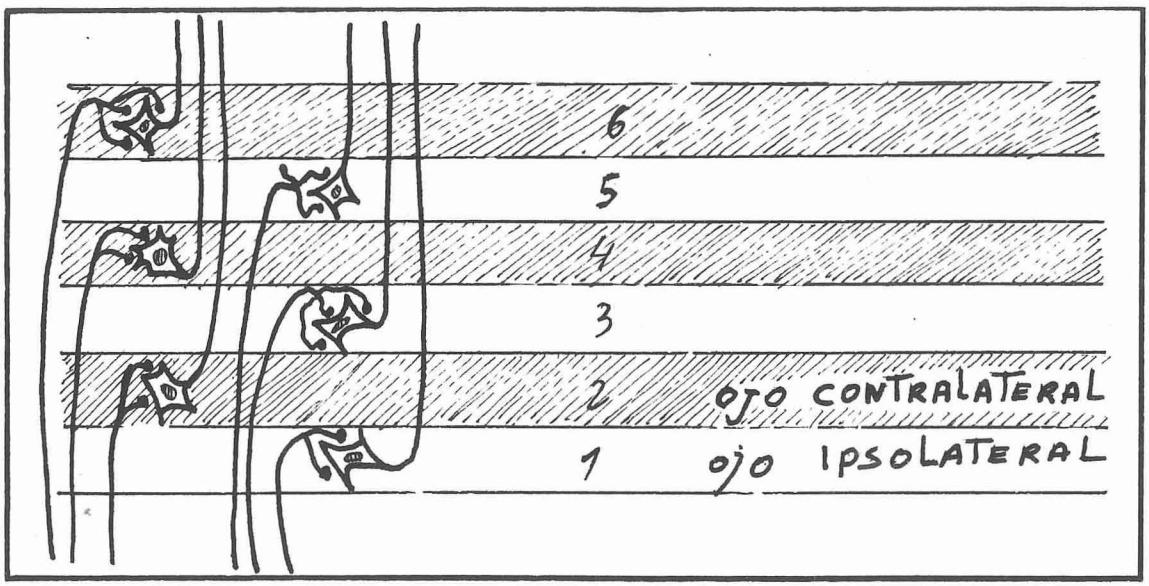


figura nº 2.18

Vemos que el geniculado esta dividido en seis capas, que de manera alternativa se corresponden con las proyecciones de un ojo o del otro. Es interesante observar el hecho que las zonas que se encuentran dentro de una línea que atraviese perpendicularmente a dichas capas, analizan la misma zona del mundo exterior. Ahora bien, los experimen-

tos llevados a cabo con estimulaciones eléctricas se ha visto que se corresponden con el mismo tipo de "campo receptor" definido en la retina: *"observamos que tanto una célula ganglionar retiniana, como una célula geniculada responden mejor a una mancha de luz aproximadamente circular de un tamaño determinado en una parte dada del campo visual. El tamaño tiene una importancia crítica, porque el campo receptor de cada célula (la mancha de células receptoras retinianas que inervan la célula) está dividido, con un centro excitador y una periferia inhibidora (...) o exactamente al revés"* (David H. Hubel y Torsten N. Wiesel: 1979 p.105), esto nos vale para constatar que estas células son las que mandan el mensaje al córtex y que por lo tanto, si tienen campos del tipo concéntrico o centro-periferia, no se ocupan de evaluar niveles de iluminación, sino de <u>comparar</u> el nivel de luz en una zona pequeña de la escena visual con la iluminación media de la periferia inmediata, tal y como lo afirman Hubel y Wiesel.

Las células geniculadas laterales envían, a su vez, sus zonas directamente al córtex visual primario. Desde allí y luego de varias sinapsis, los mensajes son enviados a otros destinos, tales como otras zonas corticales lejanas u objetivos situados en zonas inmediatas del cerebro. Un grupo de células llega a proyectarse de nuevo sobre los cuerpos geniculados laterales. Se desconoce la función de esta ruta de eferencia. El córtex se constituye en un paso más dentro del camino hacia la emergencia o construcción final de la imagen del mundo.

Como ya sabemos, el córtex es una fina capa de tejido neural cuya densidad es de aproximadamente cien mil neuronas por milímetro cuadra-

do. Se disponen en seis capas diferenciadas, si bien longitudinalmente presentan un aspecto uniforme. En cuanto al córtex visual, se subdivide en córtex estriado y áreas de asociación. En el estriado o área de proyección primaria podemos encontrar mapas sistemáticos del mundo que representan, si bien están distorsionados por la conocida capacidad discriminatoria o funcional que presentan las distintas zonas de la retina.

Es importante ver que precisamente por la capa IV entra información monocular que proviene de los núcleos geniculados, con lo cual se corresponden con los campos receptores simples. El resto de las capas se distribuyen de la manera siguiente:

ENTRADA	TIPO DE CAMPO	CAPA	SALIDA
	complejas	VI	cuerpo geniculado lateral
	complejas	V	colículo superior
entrada del geniculado	simetría circular	IV	
	células simples		
	complejas	III	otras partes del córtex
	complejas	II	otras partes del córtex
	complejas	I	otras partes del córtex

Ahora bien, si entran las proyecciones geniculadas por la capa IV es lógico pensar que exista un mapa ordenado según el campo de la retina, o sea, que se hayan agrupados muy juntos uno de otros, o mejor, superponiéndose. Esto se constata experimentalmente tal y como el mapa de la figura 2.19. No es nada nuevo pero es necesario recalcar el hecho de que el centro de la retina, mas exactamente la zona

foveal es analizada minuciosamente, a un nivel superfino, dado el alto número de células ganglionares existentes en ella. Ahora bien, en el córtex la forma de análisis de la proyección primaria es eminentemente

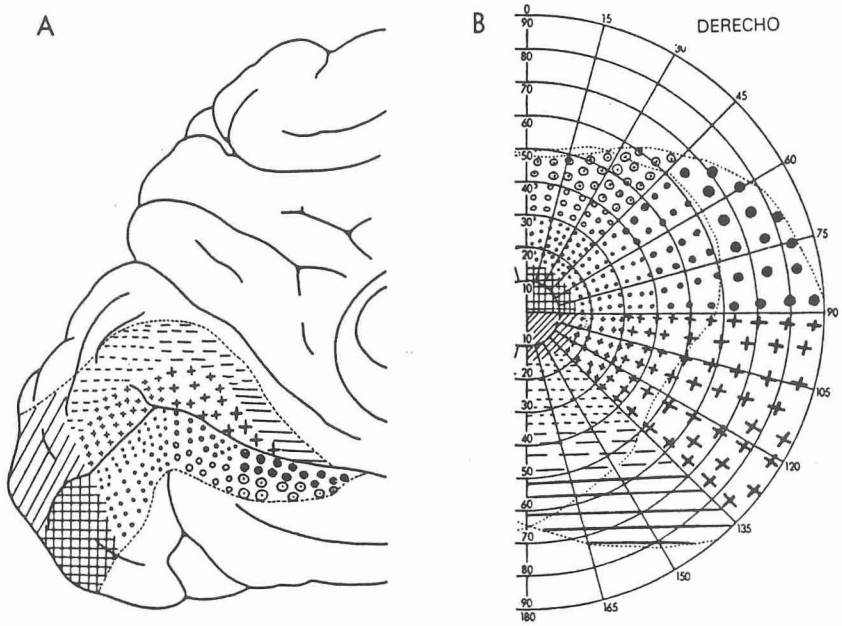
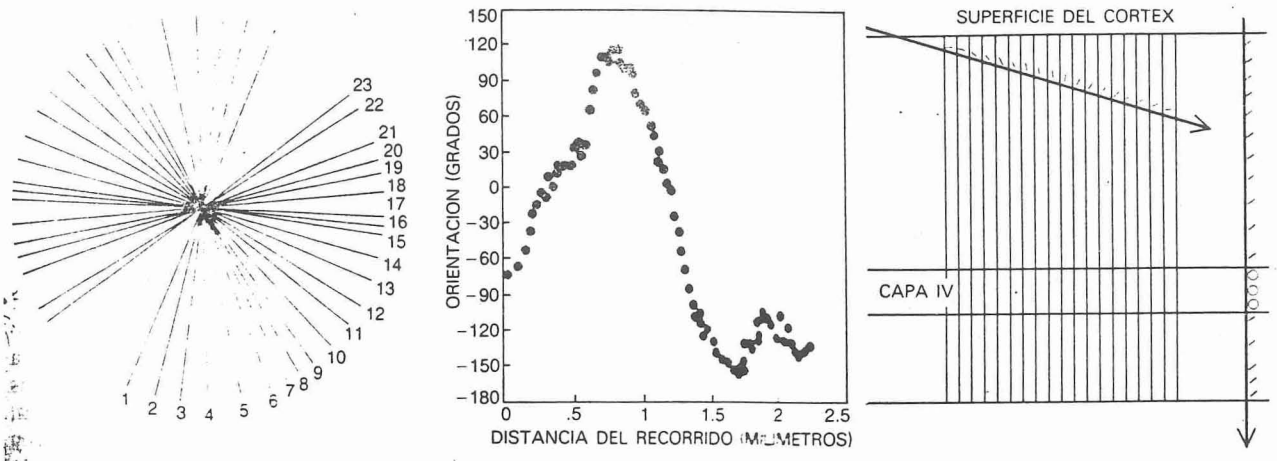
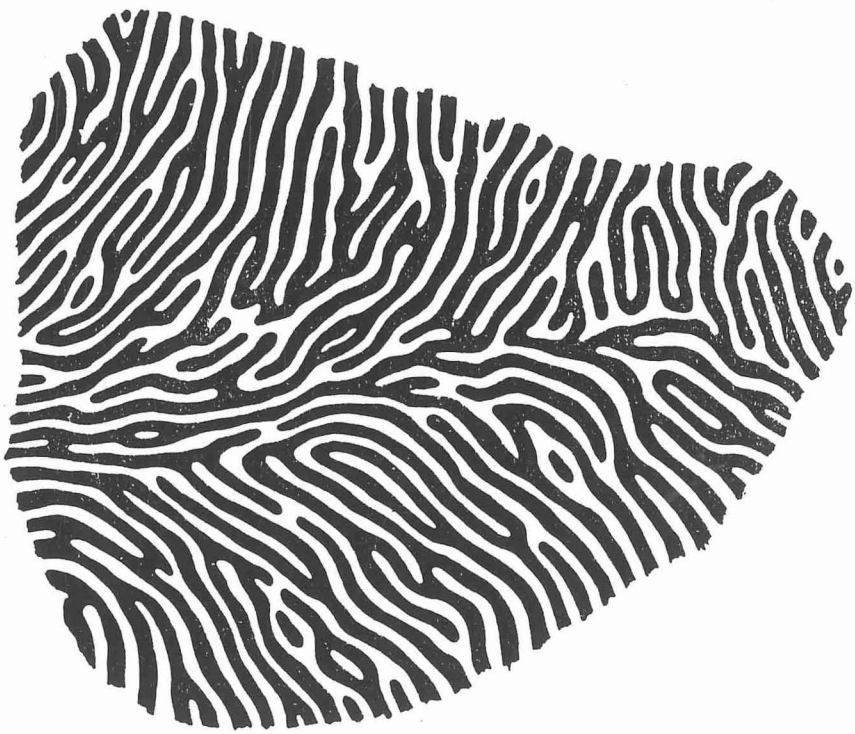


figura nº 2.19.-(figura y texto en Eccles:1977 p.297)

de selección direccional, tal y como lo atestiguan Hubel y Wiesel ..."*no se registraba ningún surtido aleatorio de orientaciones sucesivas, sino un orden asombroso. Cada vez que el electrodo avanzaba sólo unos 25 o 50 micrometros, la orientación óptima cambiaba ligeramente, unos 10 grados por término medio*" (Hubel D.H. y Wiesel T.N., 1979/b p.iii), esto lo vemos en la fig. nº 2.20 a), pero tambien hemos dicho que en la capa IV la información que llega es monocular pero a partir de ahí las células de otras capas reciben conexiones de células cercanas. Las investigaciones que complementan este dato vienen dadas por el hecho de la distribución binocular ramificada tal y como se presen-



PREFERENCIAS EN LA ORIENTACION de 23 neuronas que se encontraron cuando un microelectrodo penetró oblicuamente en el córtex (*izquierda*); la inclinación más efectiva del estímulo cambió uniformemente en dirección antihoraria. En el gráfico (*centro*) se indican los resultados de un experimento similar; sin embargo, en este caso hubo varias inversiones en la dirección de rotación. Los resultados de gran número de tales experimentos, junto a la observación de que un microelectrodo que penetra perpendicularmente en el córtex encuentra sólo células que prefieren la misma orientación (a excepción de las células circularmente simétricas de la capa IV, que no tienen orientación preferente), sugirieron que el córtex se halla subdividido en placas de tejido casi paralelas, conteniendo cada una de estas placas neuronas con especificidad de orientación similar (*derecha*).



RECONSTRUCCION de la estructura de dominancia ocular sobre toda la parte expuesta del córtex visual primario derecho, realizada por los autores y Simon Le Vay a partir de una serie de cortes teñidos mediante un método de plata reducida que este investigador descubrió. El margen izquierdo se encuentra en el borde medial del lóbulo occipital, donde el córtex se repliega hacia abajo. Aumento: x 6.

figura nº 2.20.- Texto y dibujos en Hubel y Wiesel: 1979 p.107 y 109

ta en la figura nº 2.20 b), donde se aprecian las bandas de dominancia ocular que posiblemente tengan algo que ver con la percepción estereoscópica y con muchas otras funciones desconocidas... *"quizás la teoría mas plausible sea la que sostiene que los sistemas de columnas constituyen una solución al problema de representar más de dos dimensiones sobre una superficie bidimensional. El córtex opera, al menos, con cuatro conjuntos de valores: dos para las variables de posición x e y en el campo visual, una para la orientación y otra para los distintos grados de referencia ocular.. Las dos coordenadas de superficie se utilizan para designar la posición del campo; las otras dos variables se ajustan al repartir el córtex en subdivisiones tan finas que puede correrse a lo largo de un conjunto completo de orientaciones o de preferencias oculares, y, sin embargo , tener, en la posición del campo visual, un desplazamiento mínimo con respecto a la resolución en esta zona del mundo visual."*(Hubel y Wiesel, 1979 p.113)

Es una pena no poder describir todos los pasos que llevaron a estos dos neurobiólogos a los descubrimientos mencionados, pero en lo que que concierne a nuestros intereses no podemos recoger nada nuevo. A quedado claro que la función de la proyección primaria es el <u>análisis local</u> del mundo sensorial. Tocaría hacer lo mismo con las áreas de asociación pero el desconocimiento es abrumador. Solo que la información se relaciona y que por lo tanto los mapas son cada vez mas borrosos y la información que transportan menos definida. Hablaremos un poco sobre esto mas adelante. De momento veamos lo que ocurre en la proyección primaria cuando se la estimula, o de que naturaleza son esos "campos simples" y "complejos" a los que haciamos referencia.

Para que no nos olvidemos:

NOTA 2.9.- Una de las funciones del geniculado parecen tener relación con la COMPARACION de niveles de luz de zonas pequeñas del referente material.

NOTA 2.10.- En el cortex de proyección, podemos encontrar un mapa ordenado según una disposición retinocéntrica y con la deformación funcional de mayor discriminación en zonas centrales, como cabría de esperar.

NOTA 2.11.- Ha quedado claro que en las proyecciones primarias se analiza localmente el mundo sensorial, así como se ha constatado la existencia de la selección direccional en dichos análisis.

2.3.7.-¿Que podemos entender por campos corticales?

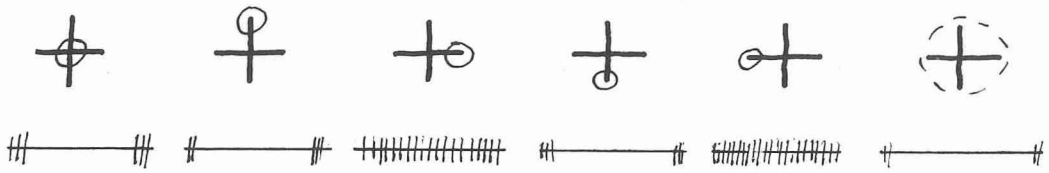
Pero si bien la estructura del área de proyección primaria nos muestra esa compleja disposición en bandas, también es verdad que los resultados de excitaciones eléctricas o de luz nos muestran otro aspecto funcional no menos complicado.

Las cuestiones que nos hacíamos respecto a la retina se constatan ahora, en el córtex, donde se demuestran las capacidades no solo del propio córtex sino de lo que le llega de la retina, ya que partes de lo que llega se interrelaciona y crea "campos receptores" que no podían ser enunciados desde niveles mas bajos.

"dependiendo de cada célula, el estímulo puede ser una línea brillante sobre fondo oscuro o a la inversa, o bien pude ser una frontera entre regiones claras y obscuras. Si se trata de una línea, es probable que importe el grosor; aumentarla más allá de su anchura óptima reduce la respuesta, exactamente igual que ocurre al aumentar el diámetro de un punto de luz en el caso de las células ganglionares y geniculadas. De hecho, para una zona dada del campo visual, los centros del campo receptivo de las células geniculadas y los anchos de las líneas corticales óptimas resultan equiparables."

(Hubel y Wiesel, 1979 p.106)

Hubel y Wiesel ya en el año 1956, habían aislado el comportamiento de células del cortex del gato. La figura 2.21 es la respuesta de una sola célula a un pequeño haz de luz que incide sobre la retina.



Campo receptor de una célula de la corteza estriada del gato. La retina está iluminada, como muestra la figura, por un pequeño haz de luz durante un periodo de un segundo. La segunda columna en la figura muestra la respuesta de la célula cortical, y la tercera columna muestra un esquema del campo receptor deducido partiendo de esto. La iluminación del área punteada activa la célula, la iluminación del área marcada con cruces inhibe la célula. Adaptado de Hubel, D. H., y Wiesel, T. N. (1959), «Receptive fields of single neurons in the cat's striate cortex», *J. Physiol., 148,* 574-591.

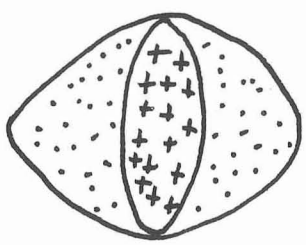


figura nº 2.21.-(texto y adaptación citadas en C.U.M. Smith:1970 p.320)

Volvemos a encontrarnos con campos muy parecidos a los ganglionares pero con la particularidad de que los campos corticales son mas complejos que los retinianos, tal y como lo han demostrado en múltiples

experimentos, o incluso como hemos visto anteriormente, con el tipo de análisis direccional que efectúan las columnas neurales.

Ahora bien, distinguen cuatro tipos o niveles de procesamiento del estímulo: las células simples, que son las mencionadas hasta ahora, las células complejas que corresponden a la figura 2.22 a); las hiper complejas de bajo orden (caso de la fig. 2.22 b,c) y las hipercomplejas de alto orden o la descrita en la figura nº 2.22 d).

En el caso de los campos complejos, éstos tienen la característica de ser excitados por rendijas de luz correctamente orientadas, bordes y barras oscuras.

En el caso de campos hipercomplejos de bajo orden, es cuando un estímulo como los anteriores, o sea, una rendija, un borde o una barra oscura solo excita a la célula cortical en el caso de detenerse en uno o ambos extremos.

Si el campo es hipercomplejo de alto orden, se refiere a excitaciones provocadas por estímulos muy específicos, tales como un ancho determinado de línea, un ángulo determinado de una superficie, etc.

Ha quedado suficientemente claro que la organización neural trabaja en niveles cada vez mas complejos, o sea, en estados jerarquizados del devenir de la imagen estética. Pero tampoco hay duda de que cada vez nos es mas complejo definir el término de "campo receptor" si bien cada vez nos importa menos, dado que no es demasiado importante como

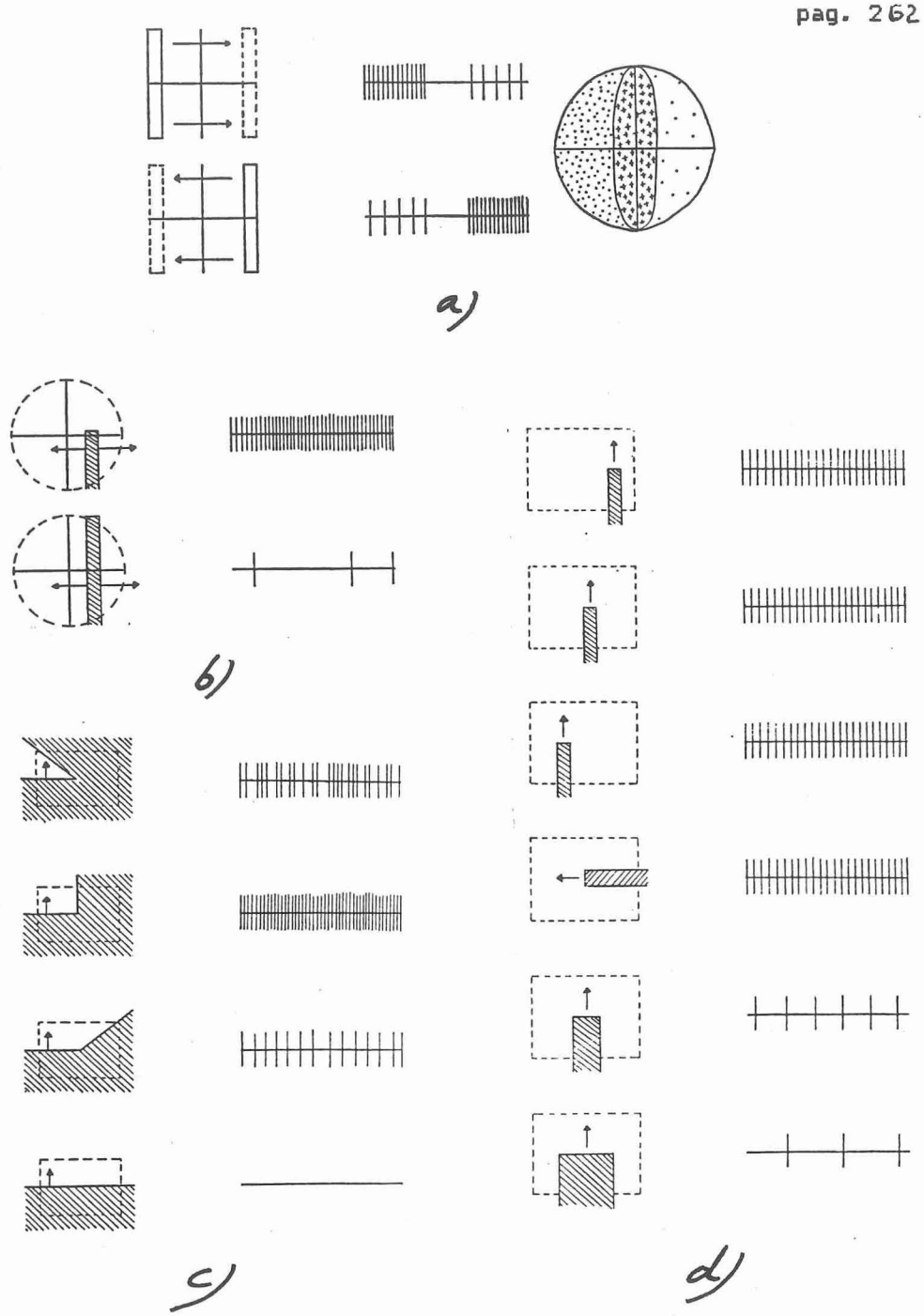


FIG. 2.22.-
a) Campo cortical complejo selector de dirección. La capacidad excitadora de las partes del campo está indicada por la intensidad del campo. b) Célula cortical con campo hipercomplejo. La respuesta máxima es cuando el borde se detiene en uno o ambos extremos del campo. Si el objeto se extiende por todo el campo no hay respuesta. c) Célula cortical de campo hipercomplejo de bajo orden. Las respuestas son selectivas de ciertos tipos de esquinas o ángulos. d) Campo hipercomplejo de alto orden. En este caso, un borde de cierta anchura puede excitar a la célula en cuanquier posición del campo. Si el borde se hace mas ancho, no se da respuesta alguna. (figuras y texto son adaptaciones de lo recogido por C.U.M. Smith (1970 p.323-327) sobre Hubel y Wiesel (1965))

se defina, sino como el "campo receptor" cada vez es mas abstracto, mas parecido y cada vez mas cerca de "lo que vemos al golpe de vista, a lo que tenemos enfrente". Pero nos estamos precipitando demasiado.

He confeccionado el esquema siguiente (figura nº 2.23) como recordatorio de lo que llevamos comentado. Me he basado, además de todo lo dicho, en los textos de CUM Smith (CUM Smith, 1970 p.320-332) que a su vez son resúmenes y comentarios a las hipótesis de Hubel y Wiesel.

Ahora bien, en un importante artículo de S.M. Zeki (S.M.Zeki 1978) nos informan de ciertas características corticales que podemos asociar a lo dicho.

Parte de los estudios realizados en el córtex de mono, constatando las funciones del córtex estriado, tales como el transporte de las percepciones de los dos ojos juntos, y el análisis detallado de los campos visuales, además de evidenciar las respuestas a contornos de orientación específica, tal y como venimos diciendo a lo largo de este apartado.

Pero va más allá en sus investigaciones. Defiende la tesis de la existencia de varias áreas visuales en el córtex preestriado, o sea, en área número 18 de Brodmann, y para demostrarlo recurrió al método de la bisección del cuerpo calloso, controlando las células que se degeneran por tal proceso, y así seguir sus conexiones: *"...las células pertenecientes a regiones del córtex preestriado donde no hay degeneración y las cuales, por tanto, están libres de conexiones*

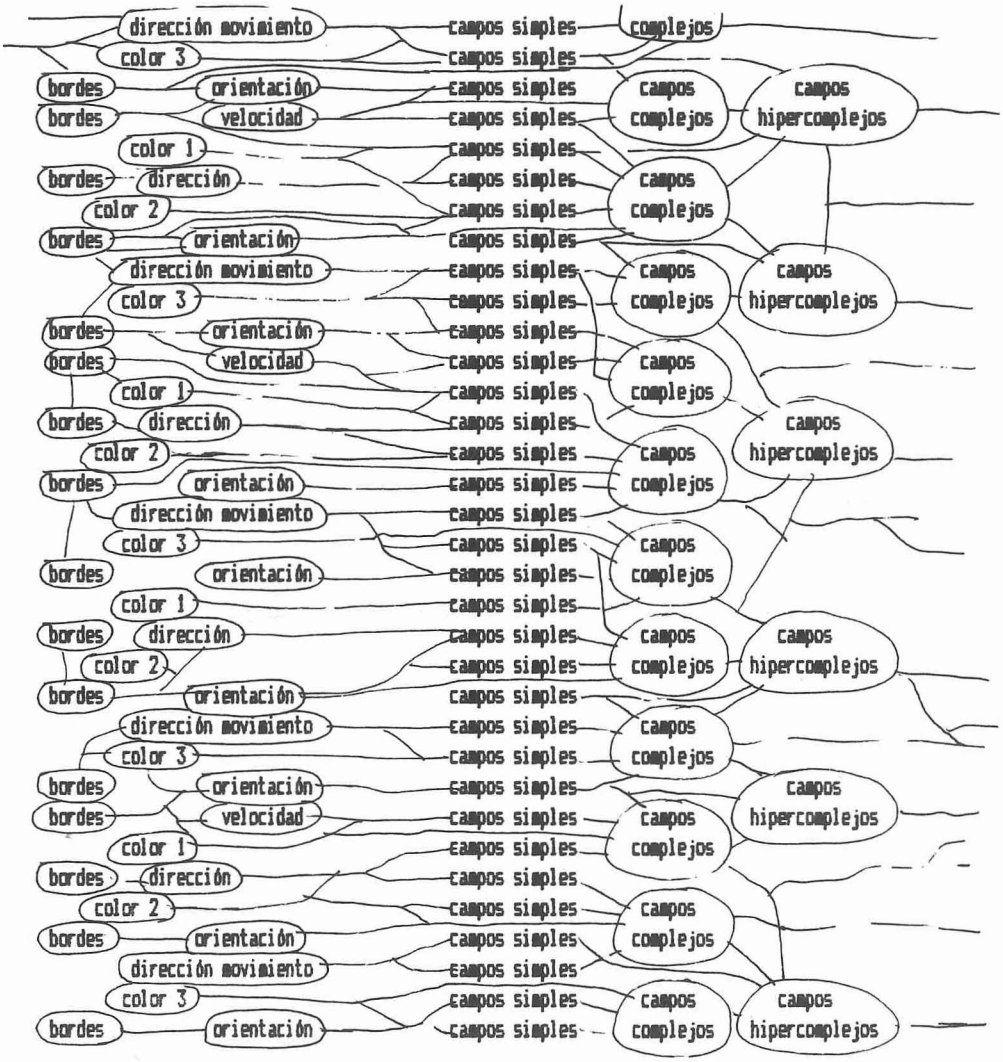


figura nº 2.23.- Elaboración propia

callosas, tienen campos receptivos distantes del meridiano vertical. En contraste, las células de partes del córtex preestriado que están conectadas callosamente tienen campos receptivos en, o cerca del meridiano vertical" (S.M.Zeki, 1978 p.424).

Ahora bien, dados los criterios con los que se puede definir un área, a saber, 1-tener una citoarquitectura definida, 2-un mapa completo del campo visual, 3-una entrada anatómica bien definida, 4-diferentes propiedades funcionales, y 5-conexiones callosas, Zeki afirma la existencia de las áreas V1, V2 (región 12),V3 (región13) y V3A (región 25 Y 31). Posteriormente, descubre el área V4, al lado de la V3A y en el surco Lunar (lunate sulcus). Después de registrar múltiples células, se revelan diferencias en la células selectivas de orientación, color, y movimiento: *"la mayor parte de las células selectivas de orientación están agrupadas en tres áreas, V2, V3 y V3A. Significativamente, los tamaños de los campos receptivos de las células son mas pequeños en V2 que en V3 y V3A para excentricidades equivalentes. Las células especificas del color (esto es, las que responden a una parte del espectro y no a otras o a la luz blanca, o aquellas excitadas por una parte del espectro e inhibidas por otra) están agrupadas en las áreas del complejo V4."* (S.M.Zeki, 1978 p.427)

Otra de las características interesantes son las hipótesis sobre el hecho de que si las diferentes áreas, están para analizar diversos tipos de información de una misma parte del campo visual, éstas zonas tienen que estar igualmente representadas en cada área.

El problema esta ahora en evaluar las consecuencias de estos descubrimientos o lo que implican funcionalmente. El mismo Zeki se da cuenta de que trazar una línea divisoria entre zonas "sensibles" y zonas "perceptivas" es falsa, no así su integración y posterior redistribución de la información: *"hay varias estrategias usadas por el córtex de forma simultánea para analizar el entorno visual. Cada estrategia es para que cada área actúe no solo como un integrador de la información que llega a ella, sino también como un distribuidor de información, que envía diferentes tipos de informacion a diferentes áreas visuales para análisis posteriores. En ninguna parte es esto mas evidente que en el córtex estriado. Toda la información del sistema retino-geniculo-cortical pasa a través del córtex estriado. Este, a su vez, envía diferentes salidas a las distintas áreas preestriadas. Sería difícil imaginar que envíe la misma información a estas áreas diferentes. Las diferencias en las propiedades de las células en las diferentes áreas preestriadas en las cuales se proyecta, nos confirma que no es así."* (S.M.Zeki, 1978 p.428)

Mas o menos esto es lo que se desprende de los descubrimientos de Zeki. Ahora, siguiendo el método de la destrucción de áreas cerebrales por enfermedades o accidentes, así como por la bisección del cuerpo calloso, introduzcámonos mas en las especializaciones del cerebro.

2.3.8.-Nuevos datos para la definición de campo receptor. Alteraciones en las funciones corticales dentro de las áreas visuales. El corte del cuerpo calloso.-

No va a ser sencillo aportar datos para que el concepto de "campo" se clarifique. Por lo que conozco, cada vez nos moveremos por caminos mas inciertos, por niveles de creación neural en los que se disuelve todo conocimiento concreto que hayamos podido entrever de lo que sería un campo receptor. Pero es necesario dar este paso, aunque nos distanciemos un poco de nuestro camino.

Así, lo primero que vamos hacer es recoger en la historia clínica aquello que tenga relación con los trastornos visuales por afección de las distintas zonas del córtex, luego veremos lo que ocurre cuando se le secciona el cuerpo calloso a un sujeto. Posteriormente, y dependiendo de los datos obtenidos, podemos hacer un primer esbozo de lo que sería la naturaleza de un campo receptor dentro la construcción visual del entorno físico.

Las lesiones del cortex cerebral pueden ser de muy diversos tipos, pero si seguimos la dirección ascendente de la información, no solo se constata esto último sino la existencia de factores nuevos que nos ayuden a completar y comprender los mapas cerebrales.

Las afecciones mas predecibles, por lo que ya hemos comentado mas atrás, son las que ocurren en el lóbulo occipital y mas concretamente

en el estriado. Como sabemos, ahí reside el mapa retinocéntrico y la destrucción de una zona es proporcional a la "ceguera" de las zonas correspondientes al mundo real. Aunque dicha ceguera (escotoma), muchas veces pasa totalmente desapercibida, la verdad es que nunca se presenta como un "agujero" o una mancha oscura. Sobre los escotomas han investigado largamente Paul Tynan y Robert Sekuler (1975), afirmando que dichas zonas son rellenadas por versiones "fantasmas" de los contornos que les rodean, con lo cual deberíamos de preguntarnos por el complejo mecanismo que se desarrolla a estos niveles, pero excede

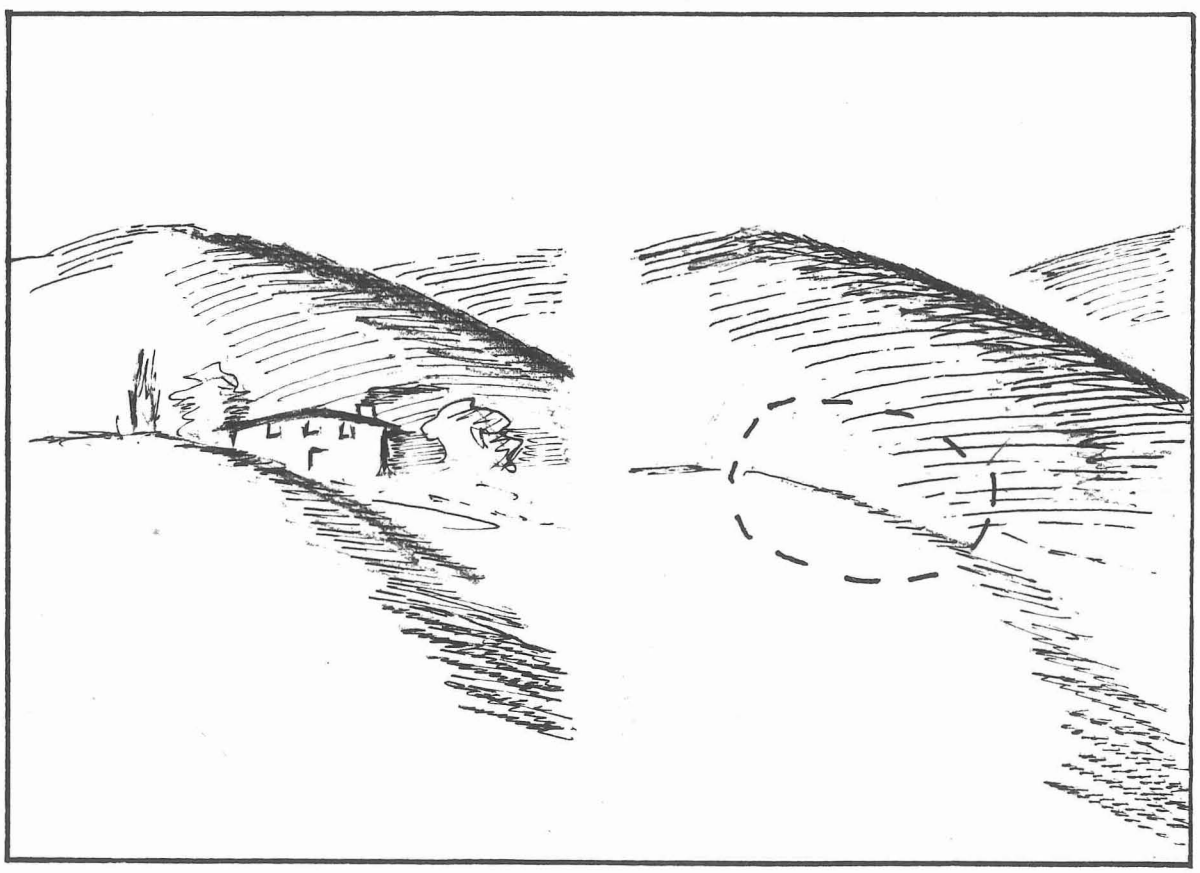


figura nº 2.24.-(elaboración propia)

con mucho a los fines de este punto a la vez de no aportar casi nada, dado el desconocimiento sobre el asunto. Yo mismo he podido observar (y padecer) los efectos producidos por un escotoma, pero causados por una migraña, que no siendo lesión produce los mismos efectos por unos breves momentos. En la figura nº 2.24 represento el efecto mas sorprendente, el que produce la ceguera de la casa pero que en su detrimento se reconstruye el espacio con un intermedio de lo que le rodea. El efecto permanece se mire con un ojo o con otro, lo que demuestra que la breve disfunción ocurre en el cortex, no en la retina.

No cabe duda de que cuanto mayor sea el escotoma, mayor será el área ciega, hasta el punto de la ceguera total del lado derecho o izquierdo en el caso de una lesión o escisión completa del lóbulo occipital izquierdo o derecho respectivamente. Son pues alteraciones muy especializadas y locales, por lo que podemos anotar:

NOTA 2.12.- En las áreas de proyección primaria las lesiones afectan a PARTES de la imagen perceptiva.

A lo que debiéramos de añadir una segunda nota que se infiere de la primera, aunque no del todo evidente si hacemos caso de Jackson, quien dice que la localización de un síntoma no coincide de ninguna manera con la localización que altera la función (ver Luria 1969/a, p.145), pero al menos en el área de proyección no debe de existir ninguna duda y en las demás áreas se pueden afirmar dentro de cierta lógica. Nuestra definición de cerebro es susceptible de ser "mapeado".

NOTA 2.13.- En las áreas de proyección primaria se procesa información de las PARTES de la imagen perceptiva.

Esto también lo podíamos haber dicho en el punto anterior, pero ahora encontramos su afirmación , no solo las vías neurales lo evidencian sino que su función lo constata. Además podemos arriesgarnos un poco mas y afirmar:

NOTA 2.14.- en las áreas de proyección primaria, y probablemente en todo el cerebro, existe la capacidad de crear un tipo de imagen (a base del promedio de la información existente en zonas que le rodean) que puede suplir, en su momento, la carencia de información de una zona en concreto.

En las áreas de asociación, y siempre dentro de los límites marcados por las áreas 18 y 19, tanto las estimulaciones eléctricas como las incisiones y cortes producen efectos mas elocuentes y difíciles de relacionar con los anteriores, lo cual no debe de sorprendernos si recordamos la naturaleza propia de dichas áreas, donde una excitación puede extenderse no sólo por dichas áreas sino por las vecinas e incluso en el otro hemisferio. Si nos fijamos en la figura nº 2.25, *"la excitación de las áreas proyectivas de la región occipital conduce solamente a la aparición de sensaciones visuales elementales (círculos de colores, niebla, lenguas de fuego, etc), mientras que la estimulación de las áreas secundarias de la corteza provoca sustanciales alucinaciones visuales más complicadas con vivificación de las formas visuales, formadas en el enfermo en su experiencia anterior."*(sobre Hoff, Pötzl y Penfield, citados en Luria 1969/b p.114).

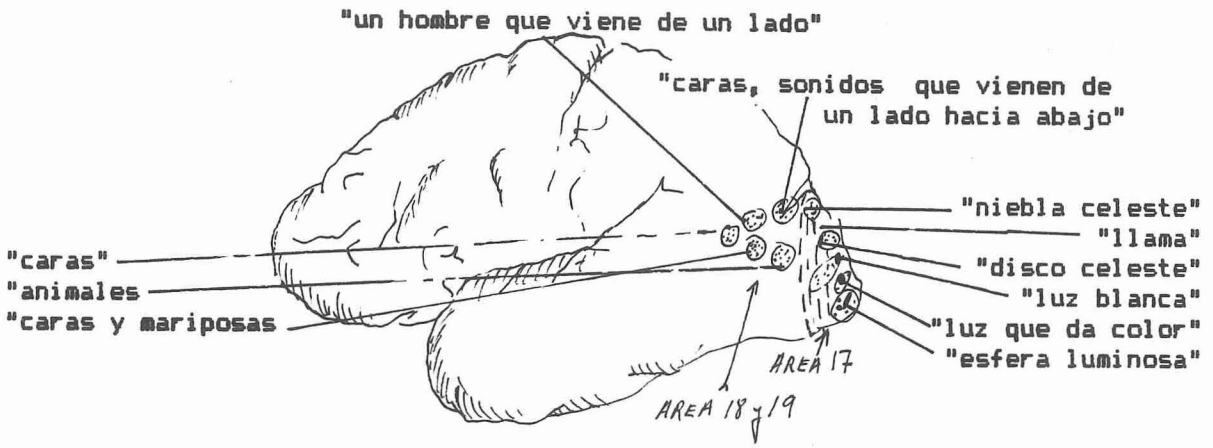


figura nº 2.25.-(modificado de Pötzl, Hoff y otros, citados en Luria:1969/b p.115)

Por lesiones en dicha áreas, las alteraciones son notables sobre todo en la elaboración de diferenciaciones visuales complejas, aunque las funciones mas elementales quedan relativamente conservadas, pero, como nos recuerda la historia médica que yo recojo sintéticamente por mano de Eccles (1977 p.384), Luria (1969/b p.120), Wurtz, Michael E.Goldberg y David Lee Robinson (1982 p.92) o muchos otros, están relacionadas con la hemianopsia, que tiene que ver con la "pantomima del olvido generalizado" o simplemente con la ceguera de toda una parte (generalmente la izquierda) del campo visual, que como nos dice Luria *"los movimientos de los ojos, por lo visto, no toman parte en la compensación del defecto, y la hemianopsia adquiere un carácter "fijado""*(Luria 1969/b p.120). Las figuras nºs 2.26 y 2.27 son representa-

ciones de pacientes con estos síntomas. En casos mas graves, llega a olvidarse de sus propios miembros contralaterales, incluso de vestirlos, como nos dice Eccles, *"se da un fallo en la realización de ordenes, (...) el paciente trata de retirarse y evitar el semicampo contralateral del espacio. Con todo, a pesar de esta pantomima del olvido, el paciente !puede negar que se encuentre enfermo en absoluto!"* (Eccles 1977 p.384). Hay que hacer notar lo que significa el hecho de que los ojos no tomen parte en la compensación, ya que podríamos preguntarnos que lo mismo que se fija en el centro o lado derecho de las figuras, podría hacerlo en el izquierdo, ya que nada se lo impide. Al menos no hay síntomas ni constataciones de que el cortex primario no procese esa zona del campo visual. De esta manera vemos

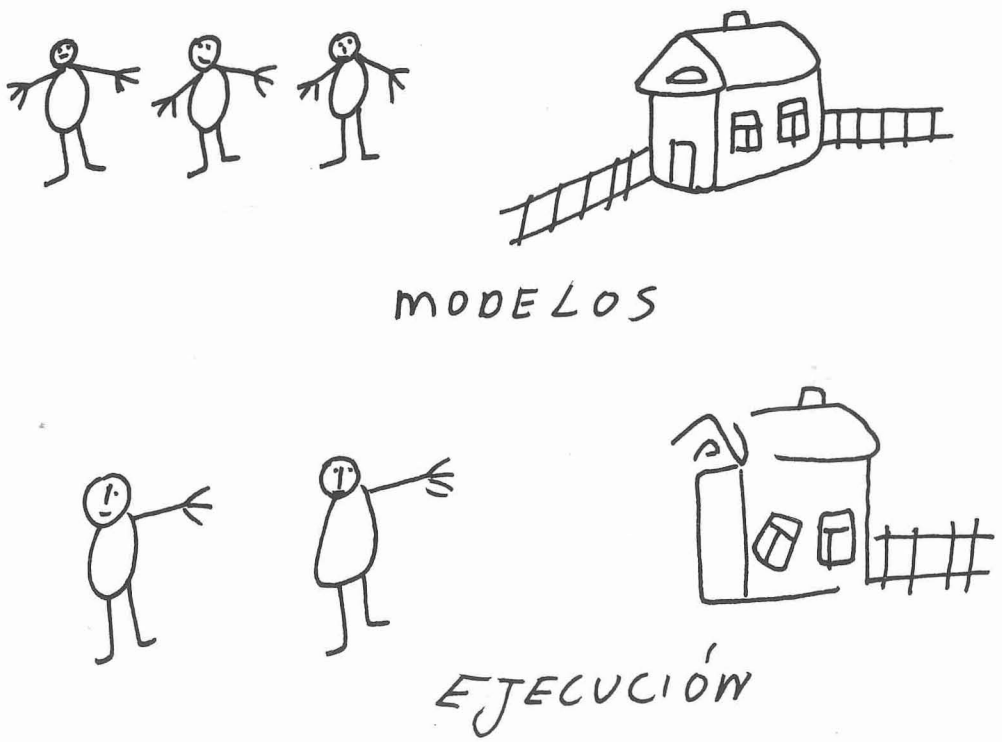
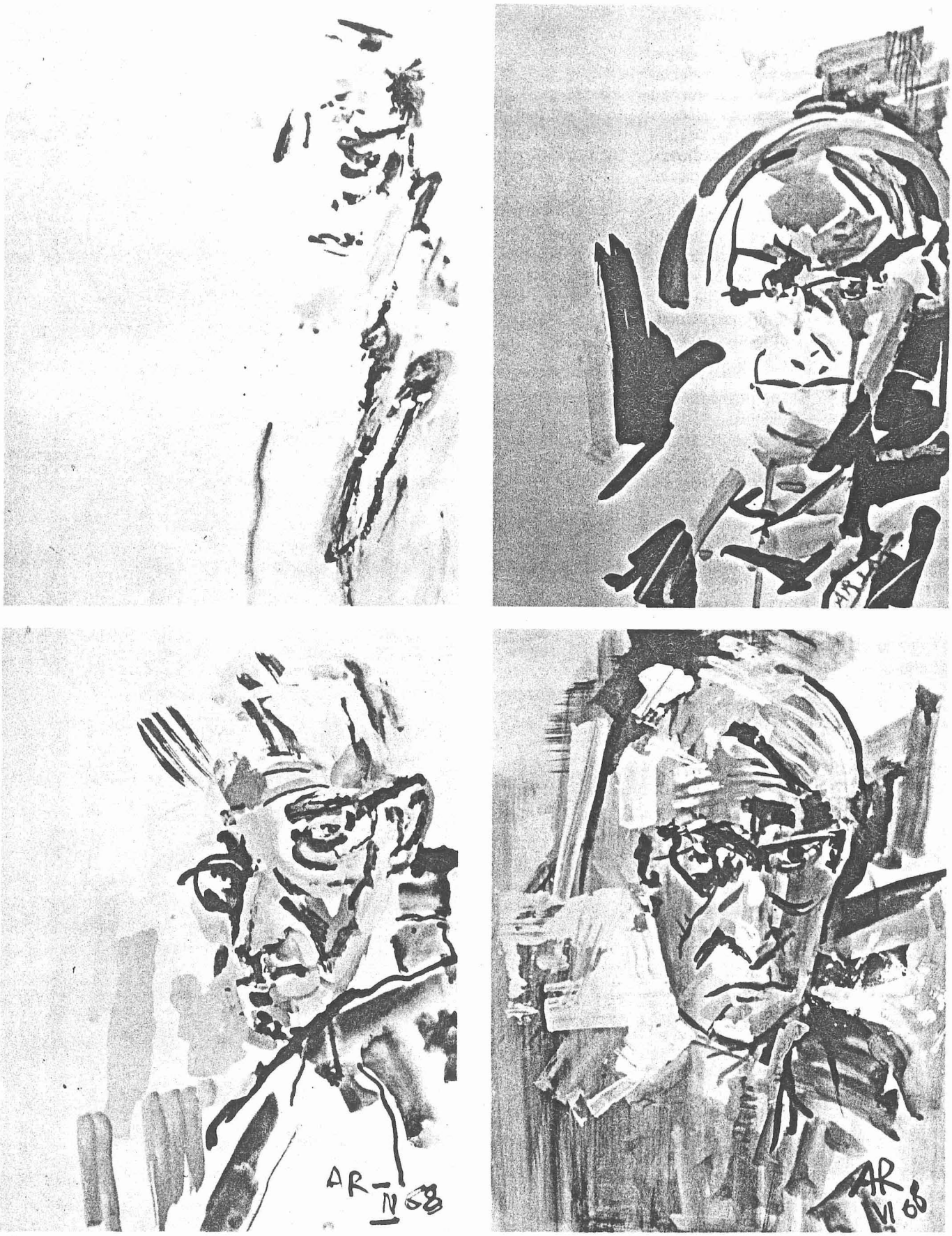


figura nº 2.26.-(modificado de E.N. Pravdina-Vinarskaya, recogido en Luria: 1969 p.120)



AUTORRETRATOS del artista alemán Anton Räderscheidt, que muestran la implicación de la corteza parietal posterior en los mecanismos cerebrales de la atención visual. El primer autorretrato (*arriba, a la izquierda*) fue pintado dos meses después de que Räderscheidt sufriera una apoplejía que le dañó la corteza parietal en el hemisferio cerebral derecho. Aparece sólo media cara y la mitad del papel está en blanco. Es como si el artista no hubiera prestado atención a la mitad izquierda del campo visual. El segundo autorretrato (*arriba, a la derecha*) lo realizó Räderscheidt tres meses y medio después de la enfermedad; el tercero (*abajo, a la izquierda*), seis meses después, y el cuarto (*abajo, a la derecha*) nueve meses después de sufrir el ataque de apoplejía. Los autorretratos los coleccionó Richard Jung, de la Universidad de Freiburg, y se publican aquí por cortesía de Gisele Räderscheidt, viuda del artista.

figura nº 2.27.- Texto y dibujos en R. H. Wurtz, M. E. Goldberg y D. L. Robinson: 1982 p.92)

que los medios e intenciones para interpretar estos sucesos entrañan dificultades mayores y de momento dejan vía libre para múltiples conjeturas. Así, solo podemos apuntar el hecho de que al menos no se da consciencia de la existencia del campo visual izquierdo. Ya veremos mas adelante si podemos relacionarlo con algo.

Pero como ya hemos dicho, en esta zona occipital-parietal ocurren muchas mas cosas. No solo encontramos innumerables ejemplos de agnosias como la descrita mas arriba, sino cierta diferenciación en el comportamiento del hemisferio, según sea el dominante o el menor. De esta manera, las lesiones que produjeron el caso descrito mas arriba de la pantomima del olvido, es un efecto contralateral, pero la misma lesión (mas o menos en la misma zona) puede tener efectos bilaterales, o sea, asociados a un comportamiento de <u>desorientación espacial</u>...incapacidad de leer un mapa o hallar un camino. Generalmente esto ocurre casi con exclusividad con el hemisferio derecho. La percepción de las relaciones espaciales, o lo que es lo mismo, de la orientación espacial es evidente que constituyen una de las formas mas complejas por su composición y naturaleza integrativa de varios sentidos. No tenemos mas que consultar a Piaget para ver lo tardío, dentro del aprendizaje, de su formación (ver Holloway G.E.T.: "Sobre la concepción del espacio en el niño según Piaget", 1969)

Siguiendo en el mismo hemisferio y en la misma zona secundaria, si las afecciones implican de alguna manera al otro hemisferio o en el caso de afecciones masivas, aparece otro tipo de fenómeno, la <u>agnosia óptica.</u>

Aquí vamos a detenernos un poco más ya que Luria nos describe muchos casos, a cada cual el mas interesante. En la agnosia óptica *"el enfermo no manifiesta los expresados defectos de agudeza de la vista; sin embargo la percepción visual de los objetos, y particularmente de sus representaciones, se encuentra aquí profundamente alterada."* (Luria 1969/b p.121) El caso es que el paciente no reconoce los objetos, si bien puede hacerlo a través del tacto. Ahora bien, y siguiendo a Luria,: *"en casos menos graves puede conocer objetos sencillos por su estructura y primarios por la experiencia anterior, pero no se halla en condiciones de valorar correctamente los más complejos, para cuyo conocimiento hay que separar y confrontar varios de los rasgos principales. Es esencial aquel factor de que, como regla general, él diferencia en su fundamento conjeturas lógicas, al descifrar el significado de un objeto concreto por el camino lógico-verbal, y llega muy frecuentemente a una conclusión incorrecta, que corresponde al objeto indicado solamente en una relación cualquiera (...) la representación de las gafas el enfermo puede valorarla hipoteticamente después de largas búsquedas como "bicicleta" ("círculos... otro círculo... y algunos travesaños... ¿seguramente es una bicicleta?...")* (Luria 1969/b p.121-122). Por este camino un gallo es un incendio...una llave es como un cuchillo o una cuchara...etc.

Siguiendo con esta pausa de afecciones, en el caso de problemas menores, los defectos perceptivos son proporcionales, ahora bien, en el sentido de que solo suceden ante situaciones o condiciones muy complejas, como por ejemplo los típicos experimentos de los dibujos con interferencias o ruidos de la figura nº 2.28.

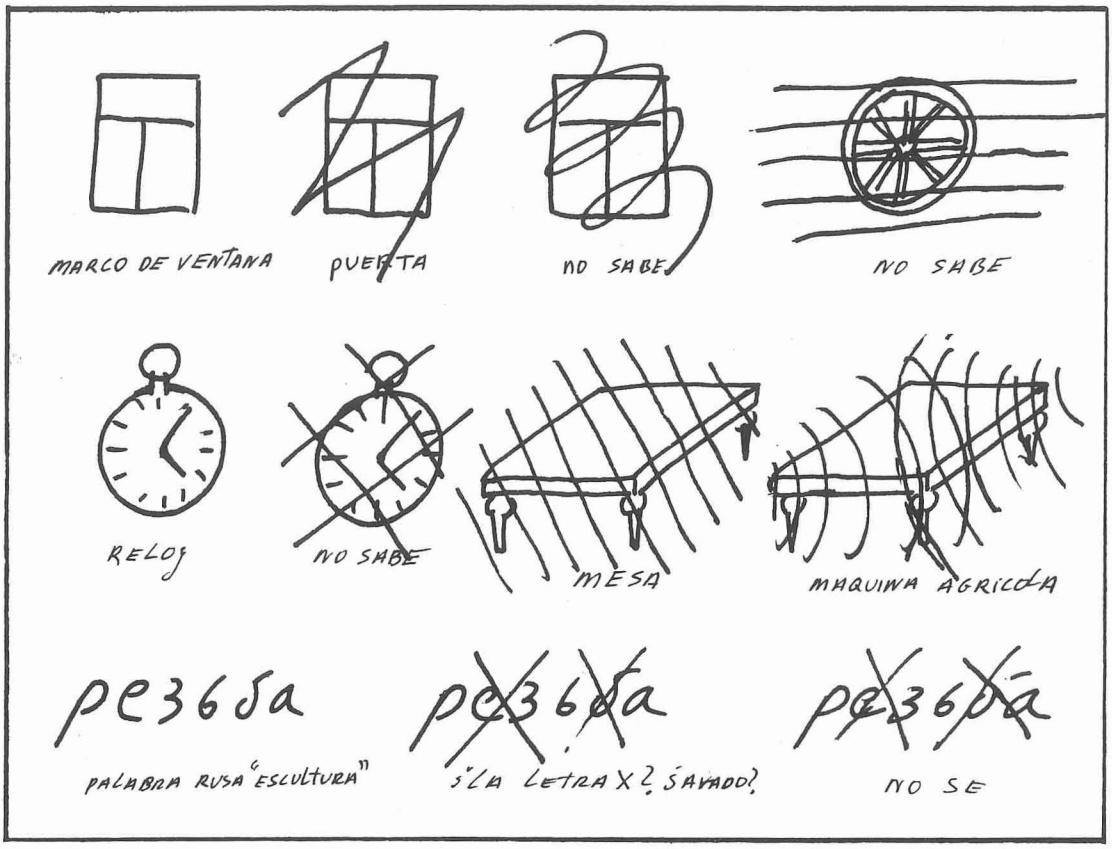


figura nº 2.28.-(adaptado de Luria: 1969/b p.123)

Pero antes de hacer valoraciones de estos casos, pasemos a describir uno, quizás el mas curioso, pero significativo por su especificidad. Es el descrito por Balint en 1909 y recogido por Luria: *"...un caso de afección bilateral de los sistemas parieto-occipitales, el cual dio la posibilidad de observar un cuadro variado y suficientemente claro. El enfermo diferenciaba bien los objetos y sus representaciones. Sin embargo, él solamente podía percibir <u>simultáneamente</u> <u>un objeto</u>, independientemente de su tamaño. Cuando en su campo de visión se hallaban dos objetos (por ejemplo, una aguja y una candela), él únicamente podía ver uno de ellos, y si él miraba la aguja, la candela, en cuyo fondo estaba la aguja, desaparecía; si él miraba la cande-*

la, desaparecía la aguja. Esta alteración iba también acompañada de otros síntomas, asociados a ella, que residían en una brusca ataxia de la mirada. El enfermo no podía trasladar con facilidad la mirada de un objeto a otro, perdía el objeto que le había sido presentado por causa de la vagancia atáxica de la mirada"(Luria 1969/b p.127; los subrayados son míos)

Ejemplos tan sorprendentes como éstos continúa describiéndolos Luria, pero podemos quedarnos con la tonadilla común a todos ellos, que no es otra que la recogida en la cita anterior. Pero también es enriquecedor especificar algunas singularidades, tales como el hecho de que en algunos enfermos *"en raras ocasiones, un conjunto de elementos, el cual adquiría psicológicamente un carácter de una sola estructura visual (como lo que tenía lugar, por ejemplo, en el reconocimiento de palabras primarias)"*(Luria 1969/b p.128). También, en todos los casos está presente la atáxia óptica, a escepción de aquella en la que se encontraba profundamente alterado el aparato motor de la vista.

La última particularidad la constituyen aquellos pacientes que no teniendo dificultades algunas para describir o representar figuras, son ajenos a su significado. Esto es el conocido caso de la agnosia facial y que se caracteriza por la capacidad de diferenciar o distinguir a una u otra persona pero sin relación alguna con lo que representa social o familiarmente. O sea, no sabe quien es su padre ni su madre ni el médico, ni nadie en particular. Otro rasgo importante de destacar es el hecho de que pueden dibujar perfectamente siempre en presencia del modelo, pero en ausencia de él les es imposible. Norman

Geschwind (1979) nos describe esta lesión con el nombre de prosapagnosia, o la incapacidad de reconocer rostros. Nos dice que no es que pierda la capacidad de identificar a las personas que le son familiares, sino sólo la conexión entre el rostro y la identidad. Mas o menos coincide con lo dicho, pero la novedad que nos aporta es la asignación de la cantidad corteza cerebral que se dedica al reconocimiento de rostros. En principio parece exagerado, pero en un entorno ecológico cuyas preferencias selectivas, a un nivel humano, son eminentemente etologicas, no es de extrañar que exista una zona específica de identificación de congéneres. Esto también ocurre en la rama primate, y las capacidades de identificación y recuerdo a lo largo de tiempos suficientemente largos de rostros familiares o de grupo son fácilmente constatados. Para esto último y a quien interese, remitirse a los trabajos de J. Sabater Pi (J. Sabater Pi, "el chimpance y los orígenes de la cultura", 1978).

De esta manera, hemos concluido con los típicos fenómenos asociados con lesiones tanto en la zona occipital como en la occipital-parietal. Los datos relacionados con la visión no se consumen en ellos, pero ya hablaremos posteriormente sobre las afecciones en el parietal-temporal o incluso en el frontal. De momento hagamos una parada y evaluemos lo dicho.

Lo primero que salta a la vista es la CAPACIDAD ESTRATEGICA del cerebro humano para encontrar "topologias" por el camino lógico-verbal que compensen la carencia, en este caso, de sintetizar imágenes por su

propio y connatural camino. A su vez, hemos dicho que esta estrategia es generada para paliar la falta de **SINTESIS** en la que parece estar especializada esta zona del cerebro. Es una invariante a todos los casos la falta de síntesis de los datos de los rasgos percibidos. A nosotros nos interesa muy particularmente dada la evidencia de dicha capacidad neural, o mejor, de la constatación de que el cerebro "construye" de alguna forma la imagen. En este caso toca "sintetizar" las **PARTES**, y su trastorno se puede observar en los dibujos de tales pacientes. Ver figura nº 2.30.

Nadie mejor que Luria ha defendido esta postura: *"todo ello obliga a considerar que en base de la forma descrita de agnosia óptica no yace una alteración de las "imágenes de la memoria" (como lo suponía Charcot, 1879), ni una alteración de la "función simbólica" (como lo pensaban los autores que seguían los pasos de Finkelburg, 1879). Lo dicho obliga a suponer que la agnosia óptica es una alteración visual compleja de síntesis de los elementos aislados de la percepción visual, una alteración de asociación de estos elementos en grupos percibidos simultáneamente, lo que crea la base del reconocimiento de las representaciones completas. Por esto, la hipótesis de Denny-Brown y otros (1952) sobre que en base de ciertas formas de agnosia yace un fenómeno patológico de "amorfosíntesis" (esto es, la síntesis de los rasgos separados en una sola estructura), nos parece muy probable y por lo visto, puede estar relacionada no solamente con los casos de agnosia táctil, en donde este fenomeno tiene lugar de forma particularmente grave, sino que está extendida también en las alteraciones óptico-gnósticas"*(Luria 1969/b p.125)

Agnosia simultánea y ataxia viso-motriz

Se le propone al enfermo trazar el contorno de las figuras o poner un punto en su centro.

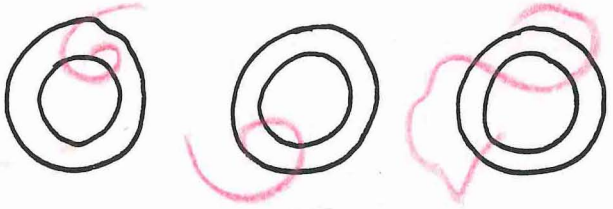
lo mismo después de la inyección de cafeina

dibujar un circulo:

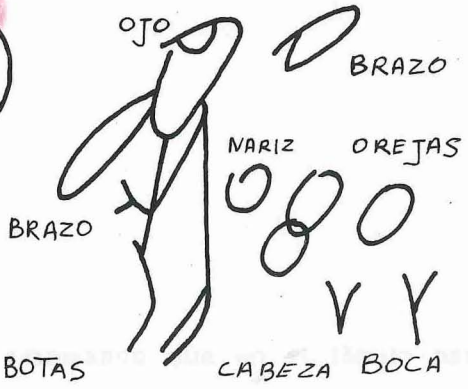
trazar una línea alrededor del circulo:

"es dificil. No puedo ver a la vez el lápiz y el circulo. Mi mano no va donde yo quisiera que fuese..."

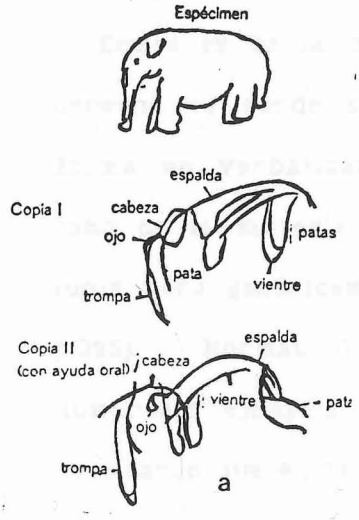
dibujar un círculo entre dos circulos ya existentes:



agnosia visual.-



n modelo



agnosia facial.- con modelo y sin modelo

(figuras y texto son modificaciones de Luria 1969/b p.126-135)

FIG. 2.29

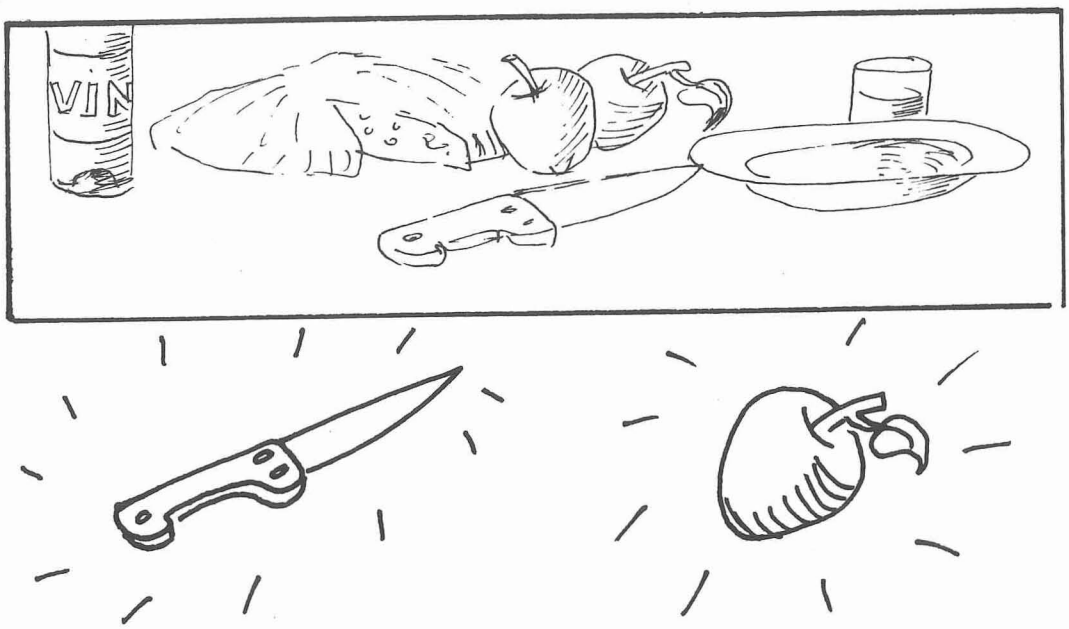


figura nº 2.30.-(elaboración propia)

Eccles es de la misma opinión, afirmando que en el lóbulo parietal derecho es donde se procesan y manejan los datos espaciales y, de forma no verbalizada, de la relaciones entre cuerpo y espacio, así como de la síntesis a lo largo del tiempo. No es tan explícito como luria pero genéricamente llega a la misma conclusión (ver Eccles, 1977 p.395) . Norman Geschwind (1979) corrobora esta línea, describiendo numerosos ejemplos de la naturaleza asimétrica del cortex, así como recalcando que en la mallor parte de las afecciones *"ningún hemisferio es competente por sí solo para realizar tal tarea y que han de cooperar los dos"* (N. Geschwind 1979, p.136). Esto lo trataremos mas

adelante.

La siguiente particularidad a la que hacemos mención es algo que tiene relación con lo que estamos hablando. Si podemos encontrar ejemplos de que las partes se aúnan en una sola imagen, también hemos descrito aquellos en los cuales "la parte" es especificamente la imagen final de alguna zona del córtex. O lo que es lo mismo, que hay zonas en las que se sintetizan LAS PARTES DE LAS PARTES, aunque suene raro. Esto esta suficientemente constatado en el hecho de que si no fuese así, seria imposible ver, tal y como lo hacen los pacientes de los ejemplos anteriores, objetos aislados de su entorno, o lo que es lo mismo "entidades", por lo que también se desprende de que las palabras simples son susceptibles de verlas como objetos en sí.

Lo que también nos dicen estos datos es que los "objetos neurales" ya están construidos en estas zonas y que incluso la imagen total tiene su proceso de creación aquí mismo. También hay que anotar que la imagen total no se consume con su simple adición de las partes, sino que es el paso necesario pero no suficiente hacia la imagen estética. La imagen estética es una imagen estratégica y activa.

De esta manera, el cerebro es un creador, sobre todo de entidades, a cual la mas fina. Para eso nada mejor que ver lo que ocurre con el resto del cortex.

Pero antes, y aunque sea obvio, cabe anotar:

NOTA 2.15.- El cortex no pierde su capacidad analítica aún en el caso de haber perdido el de la "conciencia" de dicho suceso perceptivo.

NOTA 2.16.- Se ha constatado la capacidad neural de crear sucesos "estratégicos" capaces de suplir deficiencias o disfunciones.

NOTA 2.17.- Se ha constatado la existencia de "síntesis" de las PARTES de la imagen estética, dándose a distintos niveles (la síntesis de lo que compone la parte, por ejemplo).

NOTA 2.18.- Se ha evidenciado, de lo cual no podemos olvidarnos, el carácter entitativo de los componentes de las partes, de las partes en sí, y del TODO sintético. No nos cabe ni la menor duda de que uno de los pilares de la imagen estética es la neuro-creación de ENTIDADES, siempre que se den ciertas circunstancias en el referente material.

Una visión mas global del cortex.-

Tal y como hemos conjeturado en puntos anteriores, el suceso neural es eminentemente integrativo, así lo que en cierto lugar es netamente visual puede no serlo unos centímetros mas arriba, y cambiar radicalmente unos centímetros mas a la derecha o a la izquierda. Esto es mas o menos lo que se sigue y corresponde con las afecciones de áreas cada vez mas lejanas de la proyección primaria visual.

Eccles distingue, cuando habla de lesiones o lobotomias en zonas temporales (las que se dirígen hacia los costados del cerebro), de aquellas que se dan en la parte izquierda, con las que ocurren en la derecha. Ya hemos comentado en los casos anteriores, que los sucesos que nos interesan, ocurren casi con exclusividad en la zona derecha.

Pues bien, esto concuerda con la teoría de la especialización hemisférica del cerebro ya que las mismas afecciones comentadas, de haber ocurrido en el izquierdo hubiesen estado relacionadas con el lenguaje no con el espacio.

En la figura nº 2.31 he confeccionado el mapa funcional del cortex basándome en lo que llevamos comentado, además de lo que seguidamente trataremos. El lado izquierdo esta relacionado con lo que ocurre en las áreas de Broca, en la de Wernicke en el giro angular, en el

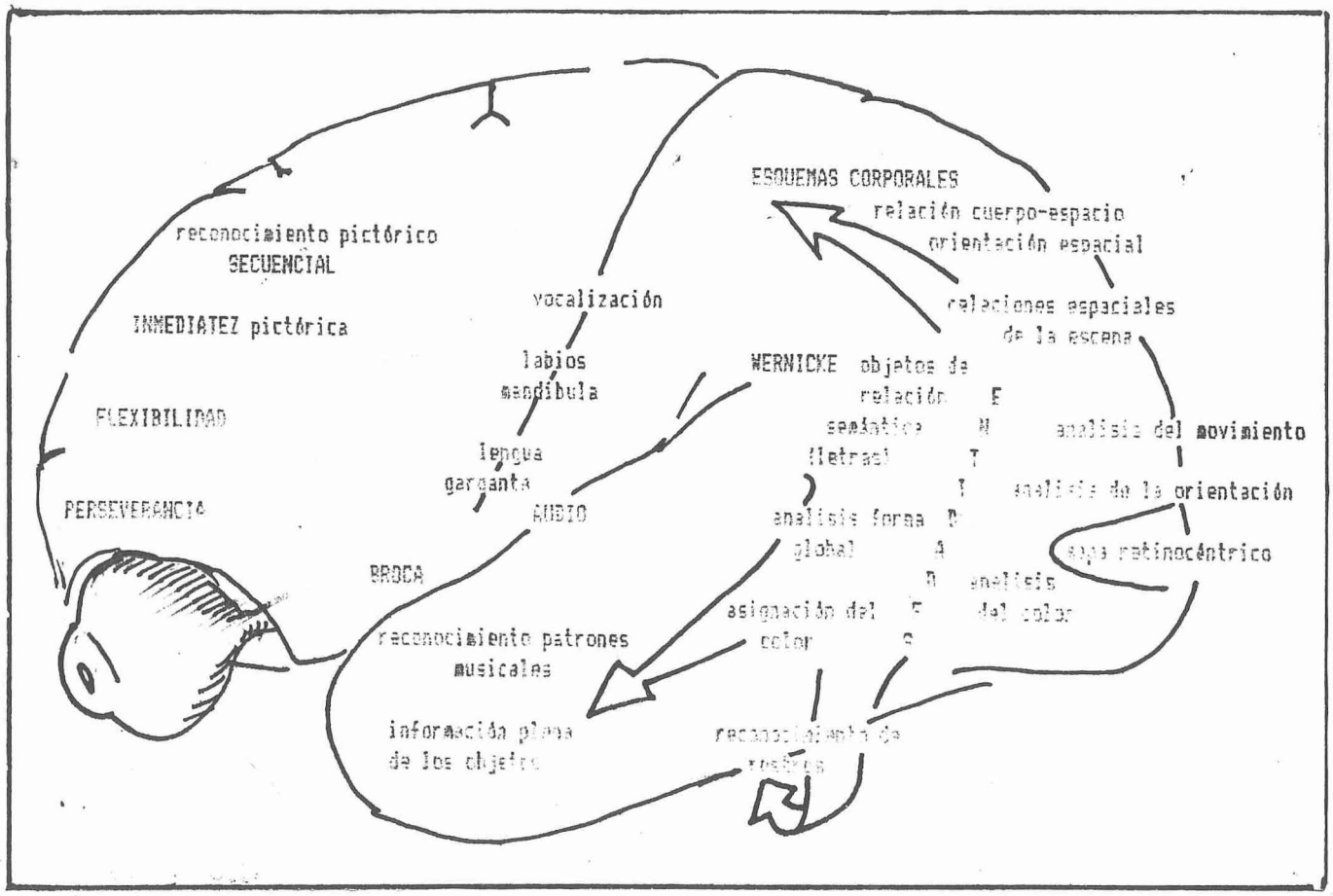
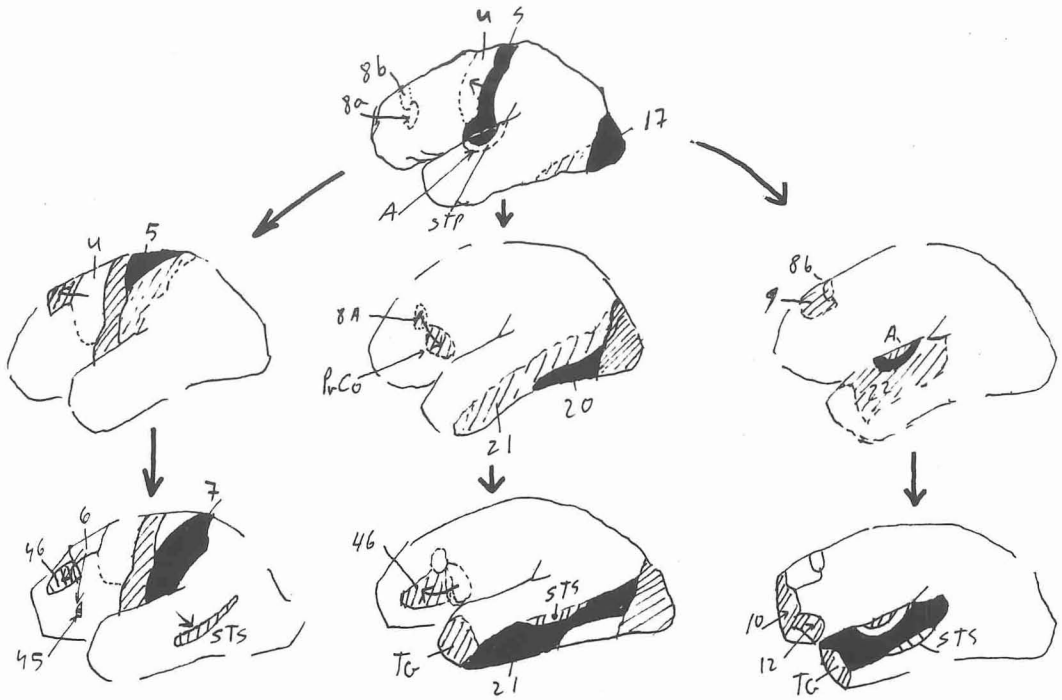


figura nº 2.31.-(construcción propia)

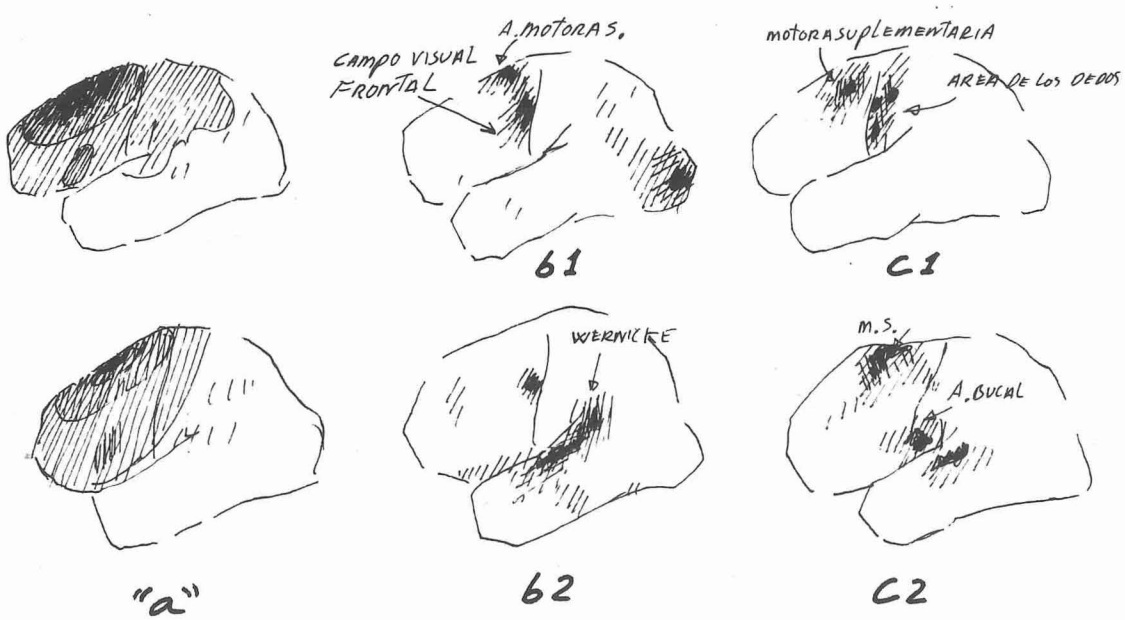
fasciculo arqueado, etc. De todos es sabido que en Broca reside el lenguaje, pues bien, las afecciones tienen relación con esto último, con problemas semánticos en lo que afecta a Wernicke o con problemas del lenguaje escrito si se afecta el giro angular.

Los fenómenos que ocurren en el hemisferio izquierdo son realmente interesantes pero no tienen nada que ver con lo nuestro, si bien es necesario tener un concepto general al respecto. El conocimiento sobre estas es bastante profunda, ya que han sido estudiadas mas exhaustivamente que sus correspondientes visuales en el otro hemisferio. Si tomamos el ejemplo de Geschwind sobre las distintas topologias que se configuran en el cerebro cuando oímos una palabra, o cuando la leemos o escribimos, veremos sus interrelaciones: ver la figura nº 2.32 a).

Estas complejas interrelaciones entre zonas dan pie para que en el caso de que una afección ocurra en un lugar u otro, así se verán afectadas sus funciones. De esta manera, una lesión en el área de Broca desencadenará perturbaciones en el habla pero no en su comprensión y sentido. Si la lesión es en Wernicke, el lenguaje estará alterado en todos sus aspectos, o sea, que es semanticamente defectuoso. Las palabras aunque correctas, el conjunto es sin sentido. Ante un cuadro que representa a dos muchachos robando bizcochos a espaldas de una mujer, el comentario de un enfermo es el siguiente: *"la madre esta fuera aquí trabajando su trabajo para ir mejor, pero cuando ella esta mirando los dos chicos mirando a la otra parte. Ella esta trabajando otra vez"*(Geschwind 1979, p.132)

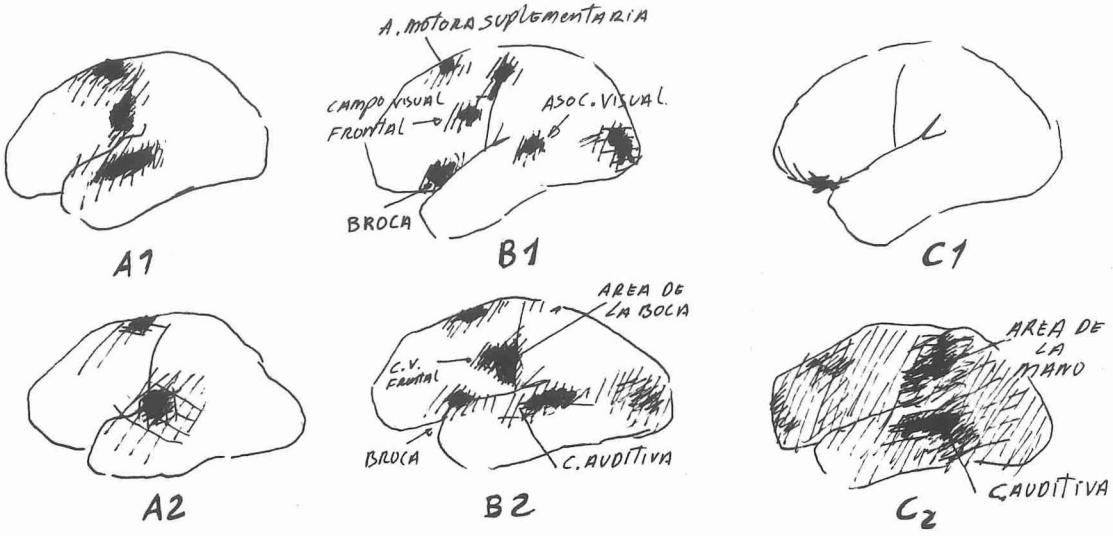


Cascada de interconexiones descubiertas por degeneración celular. Se matan las células del área en color negro y los terminales se encuentran en las zonas rayadas. Para mas claridad consultar a Eccles, de donde se han sacado (con modificaciones) los dibujos (Eccles, 1977 p.277)

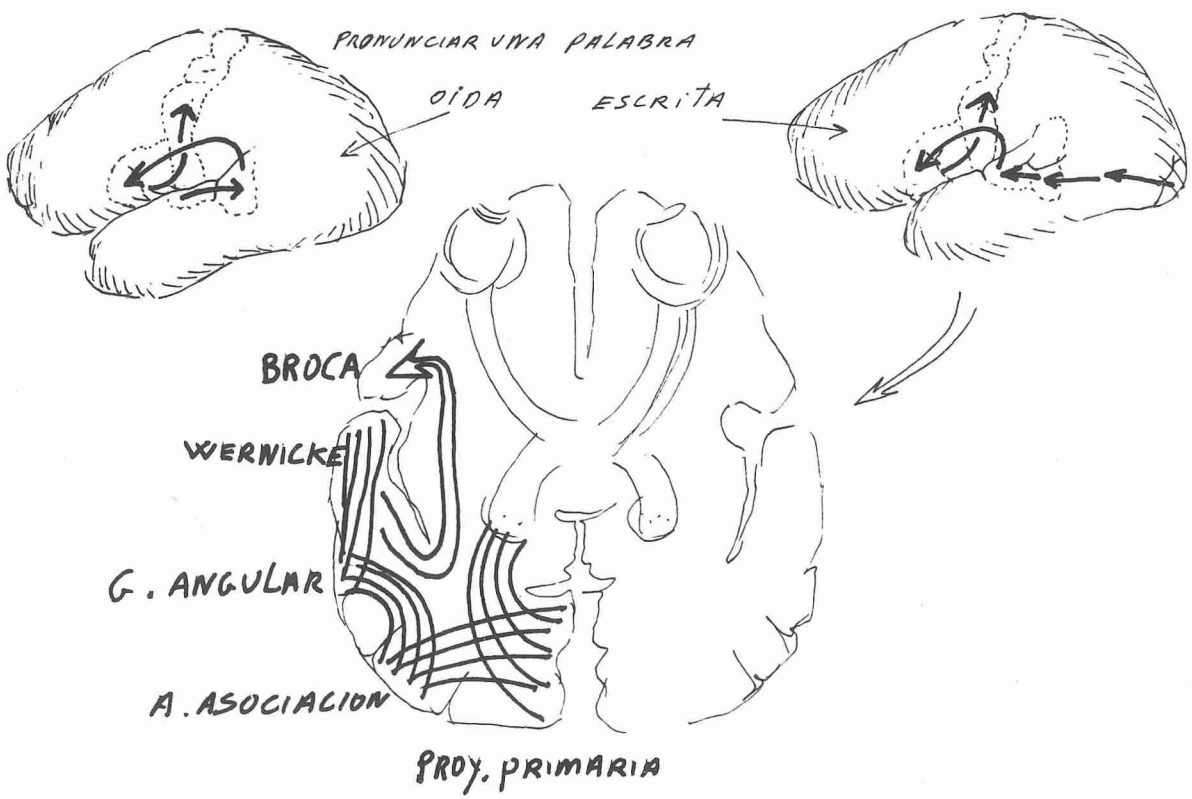


Dibujos construidos gracias a la cantidad de flujo sanguineo cuando se realiza alguna actividad. En "a" se presentan dos instantaneas de un sujeto que esta en reposo pero se aprecia que las áreas frontales presentan gran actividad. En "b1" el sujeto siguió un objeto en movimiento con los ojos. En "b2" el sujeto oia palabras. En "c1" el sujeto movia los dedos de la mano, y en "c2" movia la boca contando hasta 20 de forma continua (texto y dibujos basados en Niels A.Lassen, David H.Ingvar y Erik Skinhøj, 1978 p.19)

Fig 2.32 a)



Siguiendo con el mismo método de la figura anterior, en "a1" el sujeto "habla" con lo que activa tres centros diferentes: el área boca-lengua-laringe (coreza motora y somatosensorial), el área motora suplementaria y la corteza auditiva. En a2 es la actividad del hemisferio derecho en el mismo momento de "a1". En "b1" el sujeto lee en silencio (area de asociación visual + campo visual frontal + area motora suplementaria + Broca). En "b2" está leyendo en voz alta (lo mismo que antes + área de la boca + corteza auditiva). En "c1" se presenta la baja actividad del flujo sanguineo en un anciano. En "c2" se le mandó al mismo individuo que hiciera movimientos ritmicos de apertura y cierre de la mano. El flujo aumentó considerablemente en todo el cerebro. En "d" un sujeto "habla o piensa en silencio" (cuenta del 1 al 20). Hay que observar algo muy interesante: Con el habla "imaginado" no se activan el área de Broca y el de Wernicke, sólo el area motora suplementaria.(Niels A.Lassen, D.H.Ingvar y E. Skinhdj, 1978 p.25-26)



interconexiones entre algunas áreas, según Norman Geschwind (Geschwind, 1972 p.80-81, y 1979 p.134)

Fig. 2.32'6'

En el caso del fasciculo arqueado, ya que este conecta a Broca con Wernicke, los resultados son casi parecidos a los anteriores ya que aunque la articulación es correcta, semanticamente es aberrante. Si la afección es en el giro angular, puede hablar y entender lo que se habla, pero nunca cuando es a través del lenguaje escrito. El giro angular interrumpe la conexión entre Wernicke y el cortex visual.

Todo esto puede variar según la cantidad de masa cortical afectada a la par de otras múltiples características y variables que entran en juego.

Como es de esperar, en el hemisferio derecho nos encontramos con otros fenómenos, tales como los descritos por Eccles (Eccles 1977 p.381) y debidos a Milner, Kimura y Corsi. Tratan sobre la capacidad superior del hemisferio derecho en cuanto al reconocimiento de melodías, a la música en general. También tratan sobre los trastornos en la captación de estímulos con patrones irregulares, tales como aquellos que no pueden ser identificados verbalmente, o aquellos otros que ponen en evidencia la memoria visual no verbal con figuras poco familiares, geométricas, etc. Todas estas funciones, como también las de la pérdida de la capacidad de reconocer retratos fotográficos, son perdidas o alteradas profundamente en las lesiones del lóbulo temporal derecho.

En las lesiones del lóbulo frontal, volvemos a encontrar en la parte derecha del lóbulo prefrontal trastornos relacionados con capa-

cidades visuales, tales como en el reconocimiento pictórico secuencial y la inmediatez pictórica. Son también incapacidades relacionadas con esta zona, la falta de intuición y de flexibilidad, así como un caso muy grave de perseverancia (Eccles, 1977 p388-390) que tiene que ver con el cambio de estrategia dentro de un trabajo o ejercicio. Cuando tienen que cambiar de ejercicio o labor, fracasan continuamente ... *"los sujetos reconocen sus errores, pero muestran una "curiosa disociación entre la capacidad de verbalizar los requisitos del test y la capacidad de utilizar dicha verbalización como guía de la acción (Milner (1974))"* (Eccles, 1977 p.390).

Y como colofón en esta jerarquía hacia la complejidad, le toca el turno al corte del cuerpo calloso, que no es otra cosa que la sección de los doscientos millones de fibras nerviosas que interconectan las partes de los dos hemisferios. Aquí tenemos, en cierta medida la corroboración de esa especialidad espacial del hemisferio derecho, así como de la lingüística del izquierdo.

Así mismo, tenemos en los mismos textos de Eccles información de los trabajos de Sperry, que ha sido el que mas ha experimentado sistematicamente estos casos de sección callosa del cerebro. La consecuencia mas notable es el hecho de que cuando el cerebro esta dividido en dos, solo uno de ellos (el hemisferio dominante) mantiene experiencias conscientes. Esto le sirve a Eccles para poner todo el énfasis en este punto. A nosotros lo que mas nos interesa, de momento, es el hecho de que el hemisferio menor funciona perfectamente en cuanto que reconoce patrones y mantiene su capacidad estereosgnosica, si bien sin expe-

riencia consciente alguna.

Parece difícil de creer, pero la evidencia es tal que solo queda convencernos del hecho de que el cerebro menor procesa la información visual con toda autonomía, sin necesidad de consciencia o que incluso puede tener patrones de comportamiento sin que la voluntad sirva de intermediaria. Eccles nos comenta un experimento muy desconcertante y que fue llevado a cabo por Sperry y Zaidel, para lo cual, utilizando un método muy sofisticado por el cual el sujeto solo podía ver la parte izquierda del campo visual con el ojo derecho. El ojo izquierdo estaba tapado. Esto quiere decir que al cerebro solo llegaba información al hemisferio menor (en la retina es la parte derecha): *"la mano izquierda seleccionaba tiras de viñetas compuestas de cuatro o seis dibujos y dispuestas al azar, a fin de reordenarlas en la secuencia correcta, a pesar de que verbalmente el sujeto no tenía idea ni de lo que se le estaba presentando en el campo visual izquierdo, ni de las reacciones consiguientes de la mano izquierda. Como se eliminaba toda entrada al cerebro procedente del campo visual derecho, el sujeto consciente era completamente ciego. No comunicaba ninguna experiencia visual consciente, excepto una sensación general de luminosidad o , a veces, de color."* (Eccles 1977 p.362).

Además de esta característica inconsciente, se constata que se mantiene intacta la expresión lingüística, así como la memoria de su pasado, la autoconciencia, etc. Solo tiene mermadas las facultades relacionadas con el hemisferio derecho o "inconsciente", pero no por sus capacidades, que las sigue conservando, sino cuando se le obliga

al paciente a utilizar "conscientemente" la mano derecha. Al no haber interconexión entre los hemisferios, la mano derecha utiliza solo las capacidades espaciales del hemisferio izquierdo, que como sabemos son bastante flojas: *"se produce un fracaso al intentar imitar un diseño geométrico simple con una construcción realizada a base de bloques de colores, tarea que realiza rápidamente y con precisión el hemisferio menor que programa la mano izquierda"* (Gazzaniga 1970, en Eccles 1977 p.254). Se describen en este texto varios experimentos que de una manera u otra constata la diferencia entre los hemisferios, pero existe uno que nos interesa particularmente. Es el debido a Levy, y consistente en la percepción de quimeras o fotos cuyas mitades no se corresponden, tal como las de la fig. nº 2.33. En el caso de hemisfe-

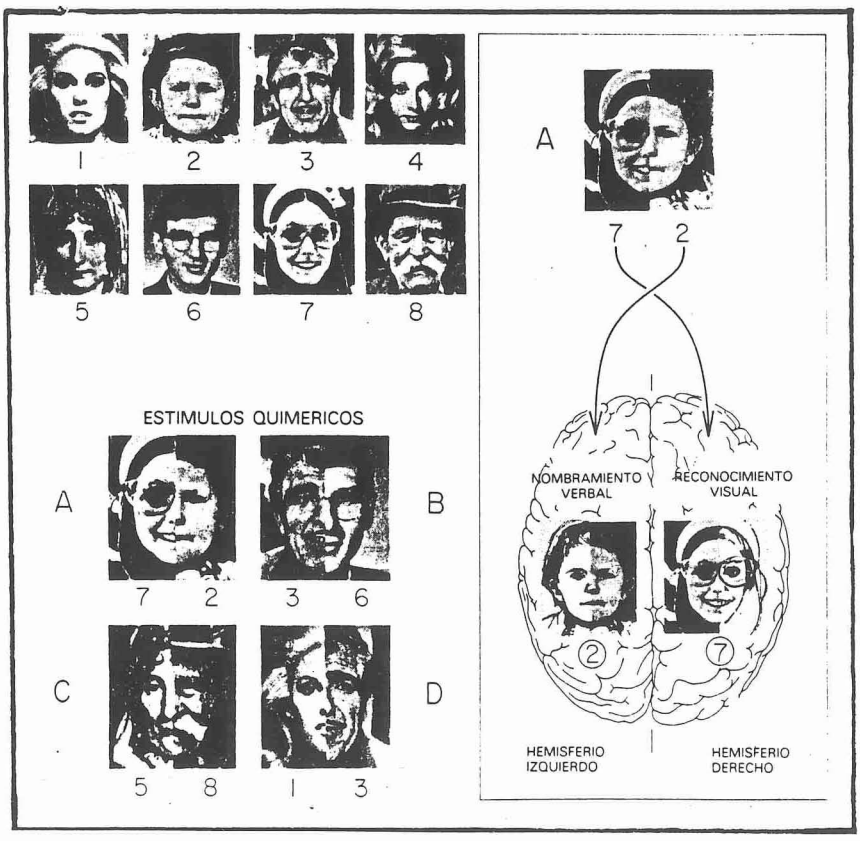
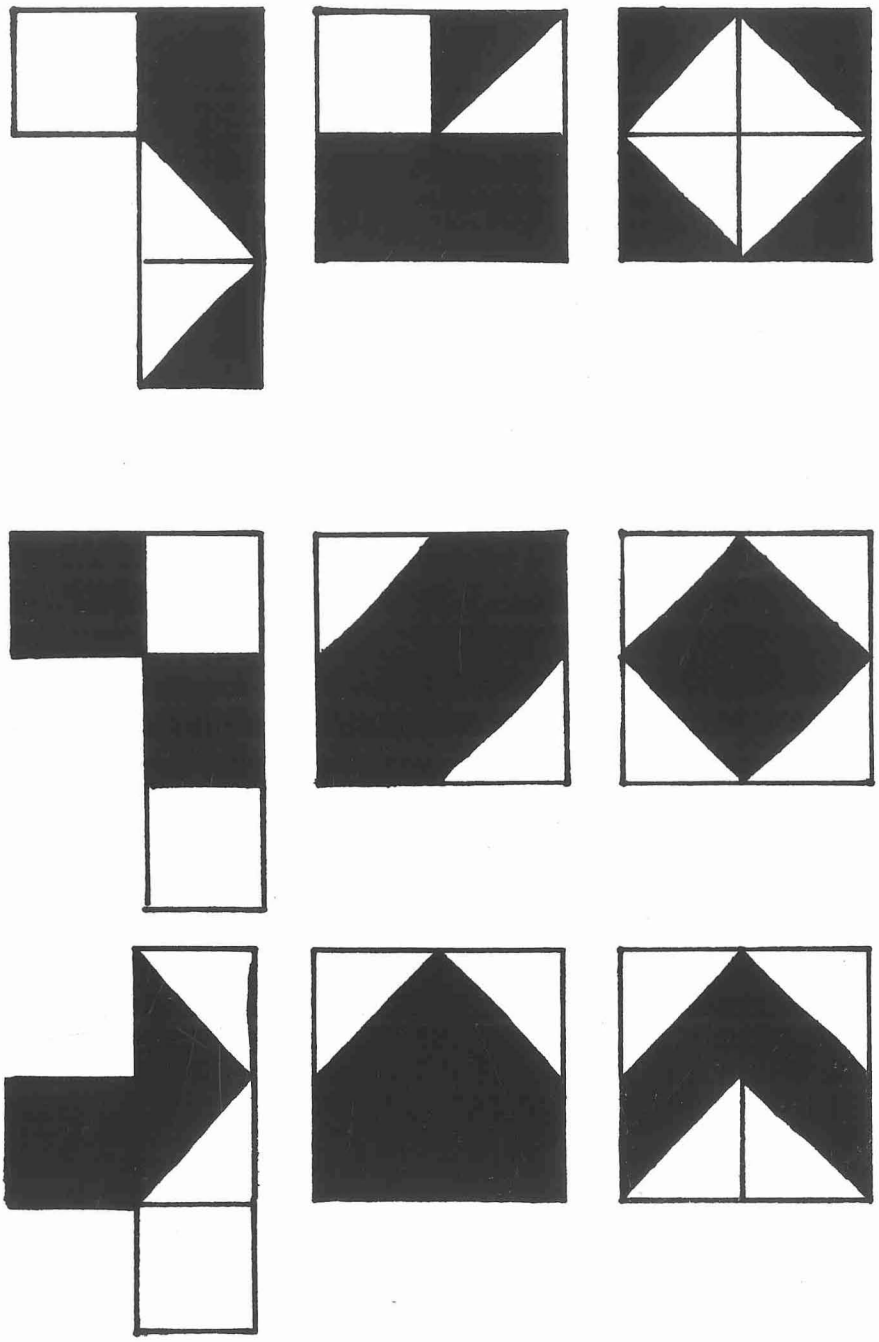


figura nº 2.33.-(Eccles: 1977 p.359)



A este paciente, con el cerebro dividido, se le presentó el modelo de la columna central y tenía que reproducirlo. Con la mano derecha, o sea, utilizando el hemisferio ezquierdo, realizó los dibujos de la izquierda, y con la mano izquierda (hemisferio derecho) realizó los dibujos de la derecha. Los resultados sugieren que cada lado del cerebro proporcionan distinta serie de recursos para llevar a cabo tal tarea, descubrimiento que concuerda del todo con la demostración de que los hemisferios están especializados para realizar funciones diferentes. Pero lo que queda igualmente claro es que ninguno de los hemisferios es capaz de analizar él solo tales modelos; han de cooperar los dos hemisferios. La prueba fue dirigida por Edith Kaplan, de Boston. (Texto y dibujos, con modificaciones, de Norman Geschwind, 1979 p.129)

Fig. 2.34

rios separados, *"la naturaleza quimérica de la entrada visual total no se reconoce, sino que cada hemisferio exhibe respuestas de acuerdo con sus funciones especificas. Así, si se precisa una respuesta verbal, el nombramiento verbal está de acuerdo con la imagen completada en el hemisferio izquierdo. Por otra parte, si se da una respuesta de reconocimiento visual, señalando con la mano izquierda al muestrario de las siete caras, entonces se señala la 7* (ver figura)." (Eccles, 1977 p.359)

En este caso se constata la separación de las respuestas perceptivas de ambos hemisferios. Es curioso que lo único que se transmite del hemisferio derecho al izquierdo, son sensaciones, como por ejemplo de rubor, miedo, etc de la imagen presentada a la parte derecha de de las fotos. Esto contrasta con la <u>indivisión</u> <u>ambiental</u> de la imagen, tal y como nos lo ilustra Eccles en la fig. nº 2.35, donde existe una

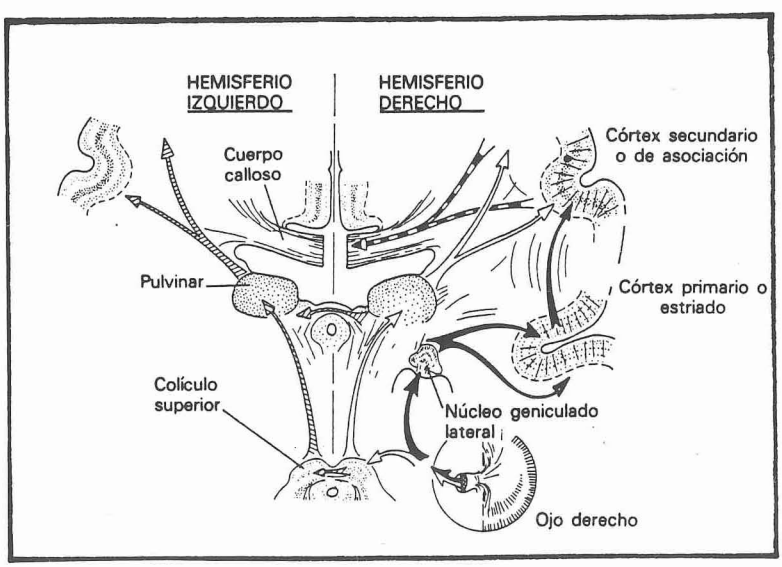


figura nº 2.35.-(Eccles 1977 p.361)

segunda vía por la que se pueden intercomunicar las imágenes. Pero si analizamos la figura, queda claro que las elaboraciones superiores no pueden pasar por ese camino, lo que concuerda con todo lo dicho hasta ahora.

2.3.9.-¿Podemos dar ahora una definición de campo receptor?

Vemos que la cosa se ha complicado. No es ese claro ejemplo retiniano de un conjunto de conos interconexionados por células amacrinas o ganglionares. Es algo más.

No es un tópico decir que dicha definición pasa por la manera en que se procesa la información neural. Si lo hace a base de ir consumiendo etapas, las cuales son a su vez puntos de partida para sucesivas cadenas o eslabones tanto de información recurrente o integrada, como de la que se expande radialmente hacia múltiples lugares... o por el contrario, no es nada parecido a esto.

Nosotros hemos apostado por lo primero y tenemos la obligación de ser fieles a lo postulado. No tenemos mas remedio que comenzar por donde lo hemos hecho: ¿podemos definir como "campo receptor" a:

1-un solo fotorreceptor?
2-un grupo de fotorreceptores interconectados por células paralelas?
3-cada una de las variables combinadas que recurren en una célula ganglionar?
4-cada una de las células ganglionares?
5-cada una de las células simples del cortex?
6-cada una de las células complejas del cortex?

7-cada una de las células hipercomplejas del cortex?
8-cada zona especializada en descubrir "entidades" o bordes?
9-cada zona especializada en el análisis del movimiento?
10-cada zona especializada en el análisis del color?
11-cada zona especializada en asignar el color a los resultados de 8?
12-cada zona especializada en asignar el movimiento a los resultados de 8?
13-aquellas zonas donde se sintetiza la imagen en un todo?.
13-aquellas zonas donde se relaciona, de modo mas evidente, la imagen con otros atributos creados por otros sentidos- orientación, contenido semántico, ritmo, etc?
14- etc, etc.

Evidentemente sí. Aunque pequemos de llamar a casi todo "campo receptor", no tenemos por que caer en generalizaciones vagas. Es precisamente la naturaleza neural de este término el que nos obliga a hacerlo, a escapar de una definición escueta y limitada que nos induzca al error, al callejón sin salida.

Esto no es mas que ir en apoyo del concepto de que cada función psiquica superior encierra en si misma múltiples elaboraciones que han sido creadas en niveles inferiores, así como que su existencia esta basada en que cuanto mas bajo es el nivel más necesita de su integridad.

Pero, ¿que podemos hacer con este tipo de campo receptor?. Me hubiese gustado haber definido otro tipo de campo, tal como aquel donde las estructuras del mundo físico tuviesen, claramente, sus correspondencias neurales. No es así, y en parte tienen la culpa las pocas facilidades que nos ofrece lo físico para poder cuantificarlo de una manera clara y finita... los "cuantos" no son tan evidentes como parecen.

Quedan pues muchas cuestiones que sería necesario enunciar, de las cuales dos son fundamentales. La primera de ellas tiene este aspecto: si podemos explicar a la manera del símil computacional cosas como "entidades", "síntesis de la imagen", "aquí se analiza el movimiento y allá el color", etc ¿de qué argumentos nos valemos para explicar las sensaciones o percepciones? ¿en que momento se hace "consciente"? ¿en que momento "emerge" esa propiedad no contenida en el cómputo y que sentimos como "luz", "movimiento"... ya que esas cosas no corretean por entre las membranas celulares y las sinápsis?. La segunda cuestión es tan difícil de responder como la primera y tiene relación con una de las preguntas clásicas por excelencia: ¿que relación existe entre esta creación neural que hemos descrito y las estructuras del mundo físico de las que forman parte?

Tanto una como otra nos pueden llevar a oscuras respuestas. En principio, ninguna de ellas ha podido ser respondida definitivamente, y no vamos a ser nosotros quien lo haga. Pero comentar la naturaleza de su dificultad es en cierta medida dar una respuesta. De esta manera cabe hacer las siguientes puntualizaciones:

El problema, la necesidad o la carencia conceptual que subyace en la primera pregunta tiene su base en querer patentizar la gran diferencia que existe entre una simple ponderación o cuantificación (acción, inhibición, suma o resta de impulsos, integración de señales diversas, etc) y lo que sería su resultado perceptivo: una hoja que se mueve, la rojez de la manzana, un sonrisa.

Desde nuestro punto de vista el problema es a la inversa. Es demasiado complicado saber la naturaleza de como los estados neurales causan los estados mentales (no las formas, el color, etc sino su sensación) ya que estos simplemente "se dieron" y se siguen dando por mera evolución y transmisión genética y esa es su condición. No pueden ser deducidos de sus componentes.

Es evidente que no es una respuesta, pero si pensamos un poco veremos que tiene algo que ver con los estados de consciencia. Si recordamos al paciente que nos describe Eccles, que no se hace responsable de los actos y movimientos de su mano izquierda, tenemos que pensar que todo el computo del hemisferio derecho no solo no llega a ser consciente, sino que no llega a ser percepto. Por el contrario, ese hemisferio continua "construyendo" el substrato, la interrelación, la topología, de esa imagen estética que perseguimos. De esta manera podemos anotar:

NOTA 2.19.-la consciencia es lo que marca el umbral entre lo que es mero cómputo y aquello que emerge de su seno, el percepto.

Pero tenemos que ser conscientes de que al diferenciar las dos facetas estamos dando pie para que unos llamen a lo primero el software y a lo segundo el hardware, a lo uno la mente y a lo otro la materia, etc. Nosotros simplemente decimos que los dos son físicos, no podemos demostrar otra cosa.

Pero, y como respuesta a la segunda pregunta, la construcción de la imagen (con y sin percepto) no es "una" construcción. A saber, por el sentido del oído y del tacto existen sendas construcciones, sendas creaciones de una realidad neural que, contando también con la visual, necesariamente tienen que corresponderse entre sí. Lo neural no es un pasivo hardware que espera ser modificado o enriquecido de sentido con un maravilloso software. Lo neural es un activo sistema en el que evolutivamente y a causa de acomodarse a una realidad específica fue adquiriendo un impecable método, el de la comparación sucesiva por tres canales totalmente diferentes, el de hacer corresponderse y mantener el producto de dicha correspondencia (aprendizaje) a tres sistemas totalmente diferentes de analizar la información exterior. Incluso dentro de cada uno de ellos existen múltiples recursos de verificación, tal y como hemos visto. El éxito se da por descontado.

Está claro. Lo visual y lo táctil son productos de la síntesis, la coherencia sintética de los tamaños, las distancias, las relaciones espaciales entre las cosas, entre las cosas y uno mismo, de los colores... de las secuencias, del movimiento, del tiempo, de lo rítmico, de lo musical, con sentido, significativo, coherentemente lingüístico... de lo que entra por el oído. Todo esta interrelacionado, y la sensación conjunta de todo ello es una realidad sorprendentemente estable y coherente.

En cuanto al problema de la correspondencia con lo real, si no nos

vale con saber que tiene toda la probabilidad de estar sentada sobre una verificación, al menos triplemente comparada, solo tenemos que preguntarnos si la realidad física no-neural es tan rica como la neural consciente. Yo creo, porque demostrarlo no se puede, que lo biológico ha creado uno de los mas grandes estados de la materia al concederse así misma la consciencia, la forma, el color, el movimiento. Por eso es imposible saber si accedemos directamente a lo real, porque nuestros perceptos (que son realidad) son superiores y mas ricos que ellos.

Desde nuestro punto de vista es absurdo plantearse si podemos o no acceder a la realidad, o si nuestras percepciones son exactas, idénticas o meros correlatos de lo real. No solo no es falso, sino que a veces una cuestión sin sentido. Nuestra capacidad de interrelacionar características de lo real y sintetizarlas en una sola pieza no solo no es algo distinto a lo que presumiblemente se le hace corresponder sino que siendo lo mismo de físico y real, se reivindica como una entidad nueva y cualitativamente distinta de sus componentes. ¿Le preguntamos alguna vez al agua sobre si representa, se corresponde ... con sus componentes, el oxigeno y el hidrógeno? ... el agua-percepto es una realidad mas rica, con otros niveles de información que no tiene el propio agua-materia.

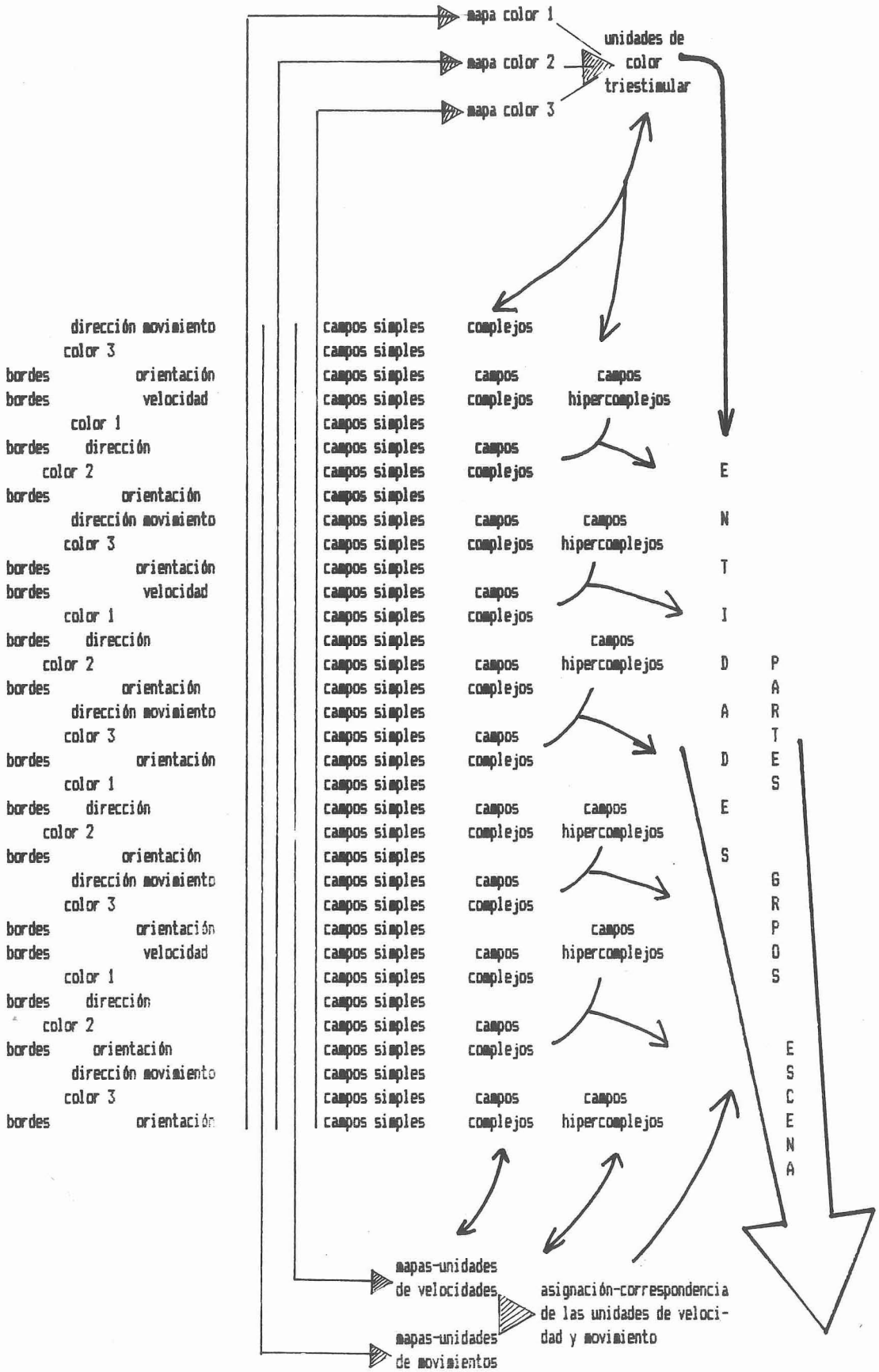


figura nº 2.36.- Esquema de construcción propia

TERCERA PARTE : SUCESOS PERCEPTIVOS

Si hemos hablado de como interacciona la energía electromagnética con el resto de la materia, y luego hemos hecho lo mismo con los sucesos neurales, como una parte de lo físico, ahora toca hacerlo sobre aquellos otros de difícil definición y fácil acceso: los perceptivos. Como cada nivel representa un escollo conceptual, lo mejor será comenzar por ver, desde la generalidad, el problema con el que nos enfrentamos. Particularmente, pondremos mas énfasis en el problema de la constancia y la coherencia, que es nuestra meta.

¿La naturaleza imita al arte?. El problema mente-materia (III).-

La materia, lo real, imitan a su efecto, a la imagen de lo real, de lo estético, ...del arte como actividad humana. La apariencia excesivamente poética de esta frase es probable que quede mermada cuando describamos en lo que históricamente se basa la constancia o invarianza, ya que algo que es efecto o producto se esfuerza por falsear su origen (lo físico) para de esta manera ser mas igual o mas idéntico a lo real (o lo físico).

Este galimatías es, en efecto, a lo que Thouless, hace algún tiempo denominó "regresión a lo real"(regresión fenomenológica) y que constituye una interpretación o consecuencia de los efectos de las invarianzas en base a la experimentación con ellas. Quizás Oscar Wilde, padre de "la naturaleza imita al arte" fuese consciente de esa diferencia existente entre el arte y la vida, entre la capacidad de modificación,

creación o destrucción de los eventos y el discurrir ininterrumpido del tiempo, del ser efecto y no causa, del sentirse inútil ante la idea de lo innato, lo heredado, lo predeterminado.

Las invarianzas perceptivas tienen un origen mas humilde. Si miramos a nuestro alrededor vemos que la taza de café está en el mismo sitio en donde la dejamos, las flores nos muestran el mismo color que hace unos momentos, y el tamaño del florero es el mismo de siempre. Esta invariabilidad de ciertos fenómenos es lo que corrientemente se denomina constancia o invarianza.

Pero esta identidad de los objetos consigo mismo, o esta persistencia en el tiempo o en distintos espacios y condiciones hace que el conocimiento cotidiano ("sentido común", vulgar, etc) los asocie a propiedades inherentes de los objetos, ya que *"actúan como se espera que lo hacen en la generalidad de los casos"* tal y como se expresa Bartley (S.Howard Bartley, 1958, p.219), pero este término y éstas circunstancias de la percepción no significa que los objetos no cambien ni que sus propiedades sean uniformes en el tiempo o en el espacio.

Precisamente, el término constancia nace cuando a ciertas características de nuestras percepciones, que de forma evidente denotan una tremenda facilidad para el cambio y la mutación, nuestro sistema perceptivo "conserva", por el contrario, características mas o menos invariables de dichos objetos, tal y como me exprese mas arriba. En

otras palabras, hay la tendencia por parte del perceptor (sujeto) de que tanto temporal como espacialmente los perceptos conserven ciertas características atribuibles al objeto, algunas de las cuales son su "entidad" y su persistencia a lo largo del tiempo, y que incluso podemos recordarlas cuando el objeto no exista.

Es lógico que fenómenos de tales características se impongan por su problemática y dificultad.¿Como algo que es variable puede constituirse en invarianza?. ¿Como podemos seguir manteniendo como invarianzas a algo que ni siquiera es importante que se corresponda con lo físico?, y si esto es verdad, ¿de que parte están las invarianzas?. Las palabras de Kanizsa (y de tantos otros) son inquietantes:

> *...la existencia de un objeto físico realmente persistente en el tiempo ha demostrado no tener demasiada importancia en orden a la continuidad de un objeto fenoménico. La correspondencia entre objeto físico y objeto fenoménico tiene como premisa necesaria la capacidad del objeto físico de producir condiciones de estimulación proximal tales que favorezcan un proceso de identificación que le corresponda; de otro modo la correspondencia no se verifica. Las cosas son diferentes con las llamadas constancias....la constancia perceptiva de las cualidades de los objetos se impone a la atención como un hecho problemático particular, cuando nos damos cuenta de que existe una correspondencia entre objeto fenoménico y objeto físico, mientras la estimulación proximal es lo menos constante que se pueda imaginar.*(en Kanizsa, 1980 p.119-120)

Es normal que el problema mente-materia, tal y como hemos venido comentando, sea tan poco agradecido. Si en la primera parte (pag. nº xx) hacíamos mención sobre el desconocimiento que tenemos sobre la materia, como se generó, o incluso la incertidumbre de lo que conocemos...y en la segunda (pag.nº xxx) recalcábamos y repetíamos lo mismo:

nuestra impotencia y falta de apoyo empírico para poder demostrar o constatar de manera "tangible" algo como:"la mente es un producto causado por sistemas neurales"..."la mente es física"..."hay o no hay correspondencia entre lo físico y las estructuras de la experiencia subjetiva?...etc, y ahora tenemos, por tercera vez (y tantas como hubiese) que decir otro tanto, ya que las preguntas son las mismas: ¿se corresponden nuestras percepciones con lo real?. Pero el matiz es distinto. Podemos carecer de respuesta pero hay una condición indispensable para acercarnos un poco a ella: es la presunción o el convencimiento de que la mente es causada por lo físico y es en sí misma también física. De lo contrario es absurdo plantearse cualquier problema, ya que no hay base alguna para hablar sobre ello ni para experimentar. Otra de las condiciones es afirmar, claro está, la existencia del mundo físico y dar por cierto todo lo dicho en la primera parte de este trabajo ("sucesos físicos"). Sino todo sería un sueño (ni siquiera eso).

Es probable que estas dificultades sean la causa por las cuales, salvo excepciones muy contadas, en los textos de psicología de la percepción no haya mención sobre el. Por lo general el psicólogo de la percepción nunca duda (no es su trabajo el dudar) sobre sus percepciones o a lo sumo, basa su credibilidad en cuantificaciones estadísticas. Yo creo que el problema es mucho mas profundo que el hacer caso de una muestra amplia de opiniones. El hecho es que el espectro conceptual es muy pobre tal y como se aprecia por las tendencias o teorías que sobre la percepción existen. No olvido que el plato fuerte sobre el tema lo porta la epistemología, pero lo incomprensible es la

falta total de interdisciplinaridad y yo solo puedo hacer mención, por el momento, de quien ha tocado el tema de la percepción directamente o al menos oficialmente en textos que llevan el título de "percepción".

No es fácil argumentar sobre los antecedentes históricos de la psicología de la percepción, ya que tal disciplina no existía y el tratamiento conceptual de estos temas era exclusiva de los filósofos. Pero no solo por eso, sino porque desde unos siglos a ésta parte, hay otras disciplinas que tienen su opinión al respecto, tal y como hemos visto cuando tratamos sobre los descubrimientos de la estructura cerebral. Son opiniones con certificado empírico que modifican nuestra idea sobre la constitución de la realidad, tal y como lo logran hacer los físicos, y muchos otros. Digamos que generan contextos de justificación dentro de otros mas amplios donde se producen los descubrimientos. De esta manera podemos hacer otra lectura de como ha evolucionado la idea de "como se percibe" o de qué están compuestas nuestras percepciones, que aunque paralelos a los ya mencionados en "el problema mente-cerebro I y II" tienen un cariz distinto.

No ignoro ni me olvido de que estas lecturas históricas tienen un solo substrato y solución, pero la realidad cotidiana, sus estados de opinión mas o menos objetivados mas o menos institucionalizados, existen como una "diversidad" del conocimiento... como una grave (o rica) "diseminación" del conocimiento.

Nos dice T. Kuhn que los paradigmas los constituyen las *"realizaciones científicas universalmente reconocidas que, durante cierto*

tiempo, proporcionan modelos de problemas y soluciones a una comunidad científica"(T.Kuhn:1962 p.12), pero también es lo mismo que decir, que "*cada revolución científica modifica la perspectiva histórica de la comunidad que la experimenta, entonces ese cambio de perspectiva deberá afectar la estructura de los libros de texto y las publicaciones de investigación posteriores a dicha revolución*" (T. Kuhn 1962 p.15). Nuestro caso no es una excepción.

Guillaume, en la primera parte de su "psicología de la forma" nos habla de un cierto tipo de evolución del pensamiento y se remonta a Condillac para justificarlo. Podemos hacer lo mismo, siguiendo las pautas de P. Guillaume (Guillaume 1976 p.9-25) y actualizándola un poco.

Veamos una cita de Condillac:

> *"Cada uno de nosotros puede observar que sólo conoce los objetos sensibles por las sensaciones que recibe de ellos; son las sensaciones las que nos los representan.*
>
> *Si estamos seguros de que, cuando están presentes, no los vemos más que en las sensaciones que causan en el momento sobre nosotros, no estamos menos seguros de que, cuando están ausentes, sólo los vemos en el recuerdo de las sensaciones que nos han causado. Todos los conocimientos que podemos tener de los objetos sensibles no son, y en principio no pueden ser, otra cosa más que sensaciones.*
>
> *Las sensaciones, consideradas como representando a los objetos sensibles, se llaman ideas; expresión figurada que significa, realmente, lo mismo que imágenes.*
>
> *Distinguimos tantas clases de sensaciones diferentes como clases de ideas; y estas ideas, o son sensaciones actuales, o no son otra cosa que el recuerdo de las sensaciones que hemos tenido." (Condillac, 1779 p.32).*

Si no supiésemos que esta cita es de Condillac bien hubiésemos pensado que podría haber sido recogida en cualquier libro sobre la

percepción, o la opinión de cualquier intelectual del momento, que nuestra cultura tiene por costumbre reciclar según las modas al uso. Pero hay algo que delata la época en que fue escrita: las sensaciones son "elementos" irreducibles, indestructibles, con los cuales generamos las formas superiores y mas tarde los contenidos. "*Distinguimos tantas clases de sensaciones diferentes como clases de ideas*", que es lo mismo que decir que tenemos catálogos de sensaciones, que responden en la conciencia dependiendo del organo sensible que se excite.

Recuerda a lo que hablábamos sobre la materia, al inicio de este trabajo, su indestructibidad, al catálogo de átomos y al de sus asociaciones.

Pero históricamente esta idea de las sensaciones como elemento mínimo, y ya en manos de psicólogos, va a tener que dar cuenta de nuevos fenómenos, de nuevos experimentos, lo cual la hace entrar en un circuito de constantes modificaciones hasta alcanzar una total esterilidad explicativa. Esta cadena se efectúa de la siguiente manera: si las SENSACIONES son elementos mínimos y las IMAGENES su contenido, ahora toca decir que relación existe con el OBJETO al que se refieren. De esto nació el Asociacionismo, explicando por "contigüidad" de los elementos en el tiempo a esta relación, y que las constantes repeticiones consolida.

Recordemos otra cita, pero esta vez de Hume:

> *"Es evidente que, por perfecta que podamos figurárnosla, la identidad que atribuimos a la mente humana no es capaz de reunir las distintas y diferentes percepciones en una sola,*

ni tampoco de hacerlas perder los caracteres de distinción y diferencia que les son esenciales. Y es también verdad que toda percepción distinta que forme parte de la mente es una existencia distinta, y que es diferente, distinguible y separable de toda otra percepción, sea contemporánea o sucesiva de ésta." (David Hume,"Tratado de la naturaleza humana, p.409 de ed. Orbis o p.260 de la edición Selby-Bigge).

Ahora bien, las asociaciones de estos elementos tendrían que describir correctamente los contenidos de conciencia observables, tal como puntualiza Guillaume (Guillaume, 1976 p.10) pero la evidencia es totalmente contraria, ya que la experimentación demuestra que estas asociaciones son insuficientes ya que la "*percepción esta cargada de recuerdos*"(Gillaume, p.10), o sea, de experiencia. De esta manera comienza a verse la percepción como la mezcla de dos factores: sensación + interpretación imaginativa, recuerdo, etc. ¿Cómo se relacionan entre sí? ¿por yuxtaposición, suma o fusión?..."*el suceso primitivo, fuente de la significación y del valor, es a menudo olvidado, ignorado; la significación es ahora inherente al signo, como una cualidad original*"(Guillaume p.11).

El concepto de sensación se desvanece ya que todo comienza a verse como "perceptual", si bien dicho término se mantiene. Ocurre que pasa a la actualidad el concepto de "síntesis" en la cual los elementos pierden su individualidad apareciendo por su fusión nuevas propiedades que no tienen en su individualidad. Y aquí introducimos otro dilema: si los elementos se funden en entidades nuevas no podemos "reconocerlos" en lo que son en realidad. Esto ha dado pie a dos tipos distintos de respuesta. Una nos dice que dichos elementos solo pueden existir en combinación. Otra deja la posibilidad de poder ser observados en otras condiciones ya que solo pierden su individualidad en dichas combina-

ciones.

Llegados a este punto, y en pleno siglo XIX las bases teóricas no dieron mas de sí y "nuevas" ideas (digamos, nuevas perspectivas o distintas maneras de afrontar el problema) comenzaron a dejarse ver. El campo había sido abonado para la aparición del fenomenalismo, con lo cual las cuestiones anteriores quedaban al margen, como planteamientos ficticios. Se retornó a los datos inmediatos de la conciencia, a aquellos fenómenos que sólo pueden ser denominados como tales, como experiencias inmediatas del sujeto. Dichas experiencias no pueden ser descompuestas en partes, atomizadas como en las corrientes precedentes. *"Si hay tal cosa como un sentir, con la misma seguridad que decimos que existen relaciones entre los objetos en rerum natura hará que decir (y aún con mayor certeza) que existen las sensaciones mediante las cuales conocemos tales relaciones"* (W.James, The Principles of Psychology (New York, 1905), I,p.254, ... recogido en Aron Gurwitsch, 1979, p.28)

Está claro que este pensamiento está orientado hacia la acción, hacia el dar importancia a toda clase de relaciones que encontremos entre nuestras experiencias ya que éstas son tan reales como los términos de las mismas. Pero lo mismo que vienen se van: esta visión del mundo comienza a plantearse la existencia de dos tipos distintos de niveles, los inferiores o mas mecanicistas y regidos por leyes asociativas; y otros superiores donde ocurre la síntesis mental. P.Guillaume indica que este dualismo presenta la dificultad de poder constatarlo en la práctica, dentro de una experiencia concreta.

Pero otra de las dificultades que se tienen que superar vienen impuestas por otro tipo de cuestiones que son lanzadas a la comunidad científica y que portan ideas como las materialistas que irrumpieron a finales del siglo diecinueve. No solo indicaba que no existen cosas tales como la mente, sino que afirmaban su fisicalidad.

Contra esto reaccionaron los Gestaltistas, que tal y como afirma Koffka, lo hicieron contra una iglesia mortecina y caduca, a la par de hacerlo contra el materialismo acérrimo (ver Koffka, p.25 y siguientes). Las ideas que portaban eran un tanto diferentes, si bien el paradigma común ya había sonado anteriormente: una forma es "otra cosa" o algo mas que la suma de sus partes, tal y como afirmaba Von Ehrenfels (1890, ver Guillaume, p.18) o también, que las cualidades sensibles se distinguían de otras, las formales, siendo unas el sustrato de las otras. Esto fue lo que se conoce como la "teoría de la forma" y a la que tanto nos referimos.

Pues bien, de la importancia alcanzada por esta última teoría no es necesario hablar, y sobre todo para las áreas artísticas. El mundo siguió cambiando y así mismo las ideas. La teoría de la Gestalt fue envejeciendo y las investigaciones se atomizaron, o sea, pasaron a ser objeto científico y técnico de otras ciencias, disciplinas o técnicas (ver mas adelante una exposición mas profunda en "nuevas aportaciones sobre la percepción del color").

Así, el panorama de los últimos años nos dejan un complejo conjunto de residuos historidos, de los cuales, S. Howard Bartley hace distinción entre trece teorías, que a su vez son modificaciones de otras tantas descritas por Allport (Bartley, 1958 p.25 y siguientes):

1- teoría del núcleo y el contexto
2- teoría del gradiente de textura
3- teoría cibernética
4- teoría del grupo celular y la secuencia de fase
5- teoría del nivel de adaptación
6- teoría del ajuste motor
7- teoría del campo sensorio-tónico
8- teoría probabilística-funcional
9- teoría transacional
10-teoría del estado directivo
11-teoría de la hipótesis o la expectacion
12-teoría de la Gestalt
13-teoría del campo topológico

Podemos hacer un pequeñísimo resumen de éstas con la sola intención de presentar el panorama:

1-la teoría del <u>núcleo-contexto</u> nos dice que la percepción es el producto de la conciencia de un conjunto de partes interrelacionadas. Son algo parecido a lo que se pensaba en tiempos de Condillac o simplemente en el siglo pasado, ya que las sensaciones eran tomadas como elementos simples que se integraban en forma de imágenes producidas por experiencias pasadas. Los elementos primeros no poseen significado, lo percibido sí. Esa es la causa de su nombre, ya que estas últimas formaban el núcleo, y el contexto era el que proporcionaba el significado.

2-la teoría del gradiente de textura se debe a Gibson, y es un aspecto muy específico de la percepción. Para Gibson, las percepciones no son conjuntos de sensaciones sino correlatos del mundo real el cual inferimos por unidades tales como conjuntos de superficies y de bordes. Digamos que es una explicación de "como" inferimos el mundo real.

3-la teoría cibernética toma como modelo al sistema visual para construir mecanismos similares. En lo que se refiere a la percepción, está interesado por explicar como los humanos percibimos sin cambios cuando los objetos se transforman constantemente en la retina. Sus representantes son McCulloch y Pitts. Para una mejor explicación ver "teoria computacional", al final de este trabajo.

4-La teoría del grupo celular viene siendo la explicada en la segunda parte de este trabajo. La representa Hebb, y uno de los paradigmas mas importantes de que consta es el de que la percepción es un producto del aprendizaje. De esta manera, la percepción es algo que se "construye" pieza a pieza, argumentando que esto se consigue gracias a que en el cerebro se van incorporando nuevos grupos de células, cada vez mas complejas. Tal y como vimos anteriormente, esto es contrario a la teoría de la equipotencialidad neural. Este trabajo, en cierta medida, se basa en la teoría del grupo celular.

5-la teoría del nivel de adaptación fue introducido por Helson, y es una extrapolación, un tanto exagerada, de cierto nivel de adaptación que se constata experimentalmente cuando hablamos del color o de

otros fenómenos concretos. Digamos que el organismo establece una zona neutra o indiferente dentro de una escala de sus encuentros con el ambiente. Este nivel, su actuación, es inconsciente y por lo tanto lejos de juicios o criterios .

6-la teoría del ajuste motor se debe a Freeman y hace referencia a la actitud motora en el momento de la estimulación, que se manifiesta como una reacción inmediata con relación a los eventos del mundo exterior, y es parte de las regulaciones homeostáticas del organismo.

7-la teoría del campo sensorio-tónico también hace referencia a las reacciones del organismo con su ambiente, con las interacciones entre los factores exteroceptivos e interoceptivos.

8-la teoría probabilistica-funcional tiene como representante a Brunswik y está centrada en el fenómeno de la constancia perceptual. El organismo, gracias a su estado evolutivo, es capaz de reconstruir el objeto y se "aproxima" a él. Dicho percepto es mezcla de propiedades del propio objeto como del patrón de estímulos recibidos por los sentidos, o sea, es una aproximación y representa una probabilidad.

9-la teoría transacional es casi una copia de la probabilistica-funcional ya que la percepción del objeto es una reacción final probable, o sea, un pronóstico."Esta teoría otorga un lugar central

a los propósitos del organismo. La teoría afirma que el organismo infiere la naturaleza del objeto por un juicio inconsciente que establece cuál es el objeto físico que probablemente se necesita para producir la actual pauta de excitación en los órganos de los sentidos."(ver Bartley, p.31). Uno de sus representantes es Ames.

10-la teoría del estado directivo tiene de representantes a Bruner y Postman. Para Bartley esta teoría se basa en dos factores agudamente contrastantes: los estructurales o autóctonos (que son de posesión innata, fija e incambiable, considerado como un organismo para percibir) y los conductuales, que son procesos superiores, y presentan un estado directivo central que hace a las percepciones algo mas que el resultado final ligado al estímulo (esto fue retomado por los de la Gestalt).

11- la teoría de la hipótesis o la expectación está representada por Bruner, en la cual se valoran las disposiciones del individuo en cuanto "hipótesis" ya que cuanto mas fuerte es dicha hipótesis mayor es la probabilidad de ser activada y menor la información que se necesita sobre el estímulo para activarla.

12-De la teoría de la Gestal ya hemos hecho referencia en otros lugares.

13-la teoría del campo topológico nos sumerge en un contexto fenoménico donde se experimentan tanto el "yo" como el concepto de individuo

o de las demás cosas, tal como extensiones propias en el mundo exterior, y a la inversa, dichas experiencias forman parte del contenido del campo.

Es evidente que muchas de estas teorías no lo son tal, si bien la mayor diferencia entre ellas son los niveles a los que se refieren sus pretensiones. La teoría del gradiente ya hemos dicho que era una "particularidad" de la visión, no una teoría sobre la visión, pero la del nivel de adaptación, la del ajuste motor, o la del sensorio-funcional, no lo son menos, ya que no nos aclaran el como se construyen perceptivamente las imagenes, las sensaciónes, el sentido, etc, de lo real. Esto es de lo que carecen todas, si bien la teoría cibernetica (teoria computacional) y la del grupo celular son, a mi entender, las únicas que pueden ayudarnos en nuestro cometido. Y esto no es un dato ni un nivel valorativo que menosprecie a las otras teorías, pero unas por su particularidad y otras por su generalidad y miras dispares no pueden afrecernos un mejor conocimiento de los pasos que se efectuan en el acto perceptivo, que como bien sabemos, intento desmembrarlo en niveles emergentes, así como descifrar el problema de la coherencia y constancia de la imagen.

Estabilidad y constancia de la imagen estética. Distinción entre los conceptos de "estable" y "costante".-

Existen dos factores que sorprenden por su cualidad perceptiva cuando reflexionamos un poco sobre sus variables físicas o comporta-

miento de la fuente estimulante, según queramos definirla. Estos dos factores son la culminación de la evolución perceptiva en cuanto que nos presenta el éxito que consiguen nuestros sistemas a la hora de ofrecernos una relación con el mundo de manera coherente, constante, invariable, y lo que es mas importante, dándonos la posibilidad de poder simbolizarla a través de dichos puntos.

Ahora bien, estos dos aspectos difieren sustancialmente entre sí, tanto en la forma de interpretar la información distal como en la clase de de receptores o intermediarios que utiliza. Digamos que son sistemas diferentes, aunque interdependientes, como todo lo que concierne al suceso neural (y de ahi su capacidad reconstructora de lo real, tal y como hemos comentado en el punto anterior).

Lo estable

Por estabilidad y coherencia de la imagen se entiende a todo percepto que tiende a darnos una imagen congruente, erecta, constante, quieta, ... cuando debiera, gracias a su relación con el sujeto, presentársenos como todo lo contrario.

Podemos preguntarnos, y con razón, que donde esta el problema, ya que cuando nos movemos alrededor de algo, esto lo percibimos como quieto, y a nosotros mismos como quien se mueve, tal y como lo que ocurre realmente. Pero si observamos lo que ocurre en la retina, pasa todo lo contrario.

Digamos que entre un objeto que gira a nuestro alrededor y el objeto quieto y nosotros girando en torno a el, la imagen retínica es la misma, en cambio las sensaciones son correctamente sentidas.

Esto es lo que constituye un éxito perceptivo y la manera en que se efectúa será explicado mas adelante.

lo constante.-

Ahora bien, si lo estable nos muestra al entorno como "en la misma posición de siempre", lo constante nos dice que no solo está donde siempre, sino que "siempre es el mismo" aun cuando su imagen retínica es infinitamente variable.

Aquí podemos decir lo mismo y preguntarnos que donde esta el problema, pero solo tenemos que pensar en que el cerebro solo puede saber lo que ocurre en su exterior gracias a lo que le llega a sus ojos o al resto de los sentidos. Y lo que le llega puede parecernos muy dispar aun cuando obtenga el percepto de lo mismo.

3.1.-Sensación de estabilidad y coherencia de la imagen estética.

Supongamos por un momento que un cazador primitivo camina por el campo en busca de alimento. Mientras se desplaza, su entorno se modifica, las altas hierbas se agitan al son de la brisa y múltiples sonidos inundan el espacio. En un momento dado aminora la marcha, prosigue sigiloso mientras alza la lanza y su mirada escudriña de aquí par allá a golpes de cabeza.

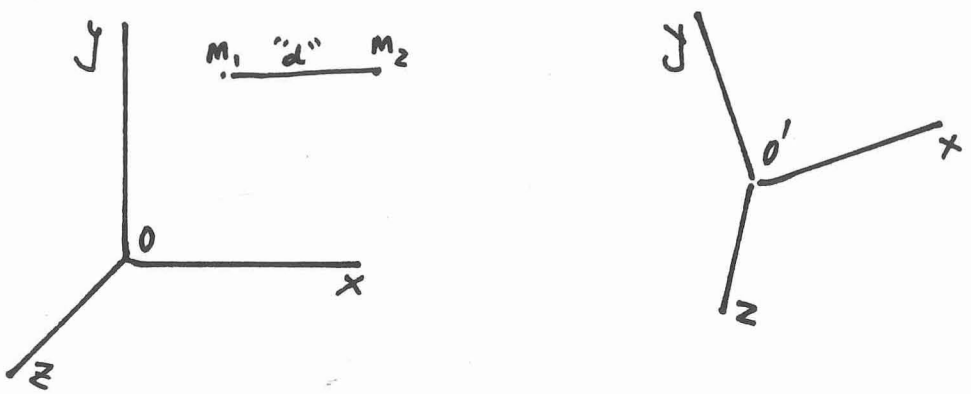
En estas circunstancias, sobre la retina habrá un trasiego complejísimo y aparentemente caótico de imágenes que corren rápidamente de un lado para otro. Imágenes que por otro lado revelan constantes y diferentes disposiciones del mundo real, dado su movimiento intrínseco (hierbas en movimiento) o su movimiento con respecto al observador.

Generalizado, el número de tipos de movimientos vendrá dado por las relaciones entre los ejes coordenados, que tal y como se ve en la figura nº 3.1, estan presentados como centros inerciales de movimiento.

Desde cada uno de los ejes coordenados el entorno se desenvolverá de forma muy diferente, tanto es así que el concepto de movimiento se basa precisamente en la existencia de puntos de referencia dispares. Por mucho que sepamos que la tierra gira en torno suyo, a la vez que lo hace con respecto al Sol, nosotros la seguimos viendo estática con

respecto a éste último (y a nosotros mismos). Podemos suponer que somos nosotros los que nos movemos y "captar subjetivamente" como el suelo se levanta hacia arriba cuando vemos como el Sol se pone en el ocaso. Naturalmente tiene que existir cierta predisposición para tal sugestión (mas real, por cierto).

Como muy bien ha estudiado la mecánica clásica, si llamamos "M" a un punto referido a un sistema de ejes coordenados cartesianos x,y,z se conoce la posición de ese punto si se conocen sus coordenadas x,y,z de dicho punto en este sistema de referencia. Ahora bien, dados dos puntos M1 y M2, su distancia vendrá dada por la longitud del segmento M1M2 cuyas coordenadas, siempre referidas al eje coordenado, serán:



M1(x1,y1,z1) ; M2(x2,y2,z2)

y su longitud:

d=M1M2 que viene dada por el teorema de Pitágoras es:

$$d^2=(x1-x2)^2+(y1-y2)^2+(z1-z2)^2$$

Si estos dos puntos los referimos a otro eje coordenado diferente "d" no varía, con lo cual está claro que la distancia es una propiedad intrínseca del segmento M1M2 y que no depende del eje escogido.

Pero esto no ocurre con las magnitudes cinemáticas, o sea, con la velocidad y aceleración ya que éstas dependen del sistema de referencia con relación al cual se observa un objeto.

Tenemos pues, por un lado, que ver los métodos que utiliza el ser humano para hallar lo que serían los correlatos de las coordenadas x,y,z y por el otro, encontrar los mecanismos por los cuales la velocidad y la aceleración es interpretada como tal, no solo en lo referente a sí mismo, sino a la de los demás objetos.

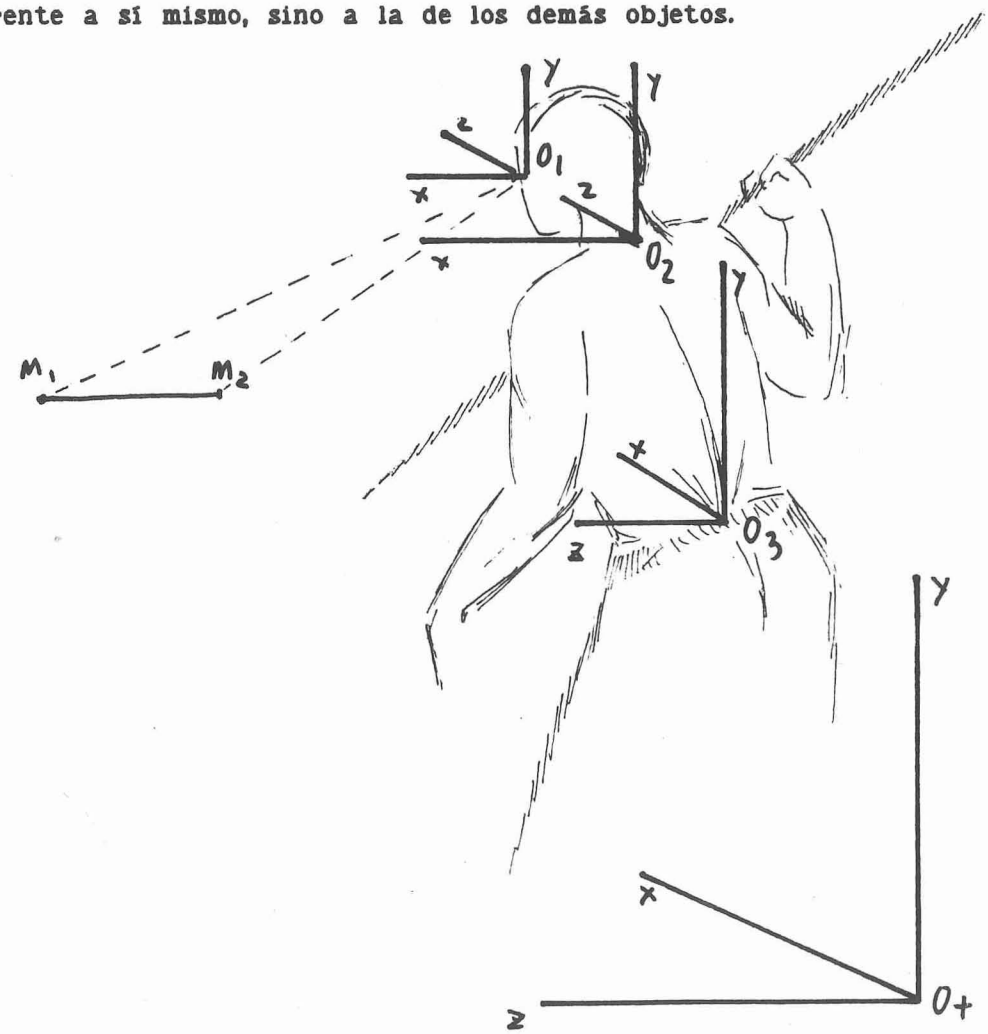


figura nº 3.1.-(construcción propina)

Ya que la distancia entre dos objetos, (o lo que es lo mismo, el tamaño de uno solo) es independiente del eje coordenado que se utilice parece, a primera vista, que constituye un elemento de invarianza al cual el ser humano puede acceder fácilmente.

El caso es mas complicado; la pureza con la cual las matemáticas dibujan un eje de referencias no se haya en el mundo biológico. Sobre la retina se proyecta el vector M1M2 de diferentes tamaños según sea el punto de referencia desde donde mire, por lo cual tendríamos que M1M2, en contra a lo que nos enseña la mecánica clásica, es dependiente del eje escogido, y no un valor intrínseco de M1M2. Lo curioso es que M1M2 lo "concebimos siempre del mismo tamaño", o sea, tenemos la "idea" de que su magnitud es constante. Esto es lo que se llama constancia de tamaño y que será tratado mas adelante.

Pero existe otro caso de igual importancia, en el cual la experiencia habitual va ciertamente en contra del principio por el cual todo movimiento de un sistema inercial solo puede ser medido como tal desde otros sistemas diferentes ya que desde el mismo no habido ningún cambio. El centro O3 de la figura 3.1 que puesto en movimiento (los ojos) y transportados por el centro O2 que a su vez se mueve gracias a O1, tendría que dar como resultado una sensación estática (centro observador) ante la cual se mueven: la cabeza, el cuerpo, las piernas, las hierbas, el suelo...etc, según una cadencia de menor a mayor en cuanto sensación de movimiento.

De ser así, un pequeño movimiento ocular supondría ver pasar ante nuestros ojos una imagen de la realidad desenfocada, borrosa, catastrófica. Como sabemos que no es así como ocurren las cosas, tendríamos que hacernos la siguiente pregunta: ¿Como consigue el sistema visual dar la impresión de que cuando nos movemos somos nosotros mismos quien lo hacemos, no nuestro entorno?.Es tan evidente esta sensación que parece una perogrullada la pregunta, pero si hacemos caso de lo dicho anteriormente, lo lógico sería lo contrario y no lo que sucede habitualmente.

Las razones por las cuales ocurre así son claras. Un entorno en continuo movimiento no nos ofrecería la mas mínima garantía de supervivencia si tubiesemos que enfrentarnos con seres cuya visión funcionase como la nuestra. Buscar algo que se mueve en un entorno que pasa fugazmente ante nuestros ojos sería prácticamente imposible, y así mismo no tendríamos puntos de referencia suficientemente estables como para "interpretar", "objetivar" o "simbolizar" partes de dicho entorno (nuestra solución estaría en estar eternamente quietos). Pero estas razones no responden a nuestra pregunta, solo constatan motivos de rango preferencial en cuanto mejoras ante una competencia selectiva con otras especies.

A la vez, si volvemos a nuestro cazador, tendríamos que preguntarnos como consigue el sistema visual interpretar lo que es movimiento de suelo de lo que son hierbas en movimiento, o movimiento de todo el conjunto con respecto "a un imperceptible movimiento" que nos indica

que el cazador sospecha que un conejo anda por allí. Estas sí son condiciones cotidianas y no otras. Para intentar responder a todas estas preguntas creo necesario comenzar por ver lo que pasa en cada uno de los tres ejes de referencia a los que nos referíamos hace un momento, y que conforman y actúan conjuntamente dentro de nuestros cuerpos.

3.1.1.-<u>propiocepcion</u>.-

Existen muchas definiciones para este término. Unos científicos lo usan para denominar todo tipo de sensaciones propias, procedentes de nuestros cuerpos (internas) y otras solo cuando hablan del aparato vestibular o de las sensaciones procedentes del interior de los músculos y articulaciones. Yo me mantendré dentro de este entorno que me proporcionan los dos puntos de vista. Por propiocepción se entiende genéricamente como que nuestro cuerpo también es un elemento que informa al cerebro, como un "mundo exterior" o "fuente" para los centros neurales. Yo lo usaré aquí exclusivamente en lo que se refiere a las sensaciones de equilibrio o de referencia espacial.

Es lógico que si en nuestro cuerpo actúan diferentes ejes coordenados en cuanto al movimiento, éstos actúan conjuntamente como si fuese uno solo. Así se simplificarían muchas problemas internos a la vez que solo se necesitarían pocos puntos de referencia con el mundo exterior para calcular sus coordenadas con respecto a sus ejes. De hecho así ocurre pero no es sencillo mostrarlo ya que la biología no sabe de ejes, y sus soluciones son, claro está, biológicas.

Existen distribuidos por todo el cuerpo sensores de "posición" constituidos por receptores de sensibilidad profunda (Luria llama a éstos propioceptores en sentido estricto) situados en la superficie de las articulaciones, ligamentos y en el interior de los músculos. Son pues elementos del sentido del tacto y mas concretamente de la sensibilidad cinestésica. Pero cuando hablamos del tacto no es exagerado afirmar que existe una gran incertidumbre para saber de que hablamos, ante el hecho de los múltiples tipos de sensaciones y especialidades que entran dentro de este término. Desde el dolor, calor y frío, contacto y presión, como los mas simples, hasta los mas complejos de la sensibilidad táctil, como la sensación localizadora de contacto, sensibilidad distintiva (distancia entre dos contactos), el sentido de tensión de la piel, la sensación de forma (sentido de Foerster) y las de posición).

De todas estas funciones son las mas complejas las que tienen relación directa con nuestro tema. Si podemos saber a través del tacto la posición de un objeto, su inclinación, distancia con otro objeto, etc, ello quiere decir que la información de receptores táctiles tienen por necesidad que ser procesada en algún lugar del cerebro al cual llegue, así mismo, información de como es (al menos alguna referencia) el entorno espacial que le rodea. Lo mismo ocurre cuando tenemos sensaciones de que una mano se encuentra a la misma altura que la otra, o de las diferentes direcciones que adopta nuestro cuerpo cuando estamos en una posición rara. Un caso curioso lo constituye el "sentido de Foerster" cuando dibujamos o escribimos en la epidermis

del antebrazo o en toda la espalda. Reconocemos perfectamente todo tipo de grafismos, lo cual implica una capacidad de reconocimiento bidimensional-espacial tal y como lo expresa Luria (Luria: 1978 p.73).

Todas estas capacidades espaciales desembocan en la capacidad del cerebro de crear "entidades", en una reconstrucción del espacio o al menos en una toma de referencia con respecto al espacio-ambiente así como a catalogar en "entidades espaciales" a los objetos (¿realidad táctil?).

Hay que precisar que nuestro cuerpo al estar normalmente en contacto con el suelo o en casos menos corrientes, con paredes, techos, árboles, etc, tiene un elemento "estable" de referencia con respecto al cual se pueden tomar el resto de las medidas.

Sea como fuese, todo esto es muy mal conocido y solo podemos constatarlo por la propia experiencia o la observación. Ahora bien, dentro de esta incertidumbre hay algo que destaca notablemente, tanto por su importancia como por sus evidencias funcionales. Me refiero al aparato vestibular y que seguidamente veremos:

3.1.2.-<u>aparato vestibular</u>.-

Es este un aparato muy peculiar, con una funcion muy definida y bien conocida. El hecho de estar localizado en la cabeza se correspon-

de exactamente con el eje coordenado que he dibujado sobre la cabeza y cuello de la figura 3.1.

La anatomía está clara. Consta de dos sistemas diferentes de recepción; uno para aceleraciones lineales y otro para aceleraciones angulares. Mecánicamente el funcionamiento es como sigue:

receptor de aceleraciones lineales.- Cuando hablamos de receptor de aceleraciones nos referimos al receptor etolítico (utrículo y sáculo), tal y como se puede apreciar en la figura 3.2, y consta de una masa gelatinosa recubierta de diminutos cristales (otoconia) de carbonato cálcico (tres veces mas pesado que el agua). Esta descansa sobre otra superficie esponjosa(base filamentosa) y subyacente a ésta están las células filamentosas (estereocilios los mas cortos y quinocilio el mas largo). Su sensibilidad a la aceleración viene dada por el hecho de

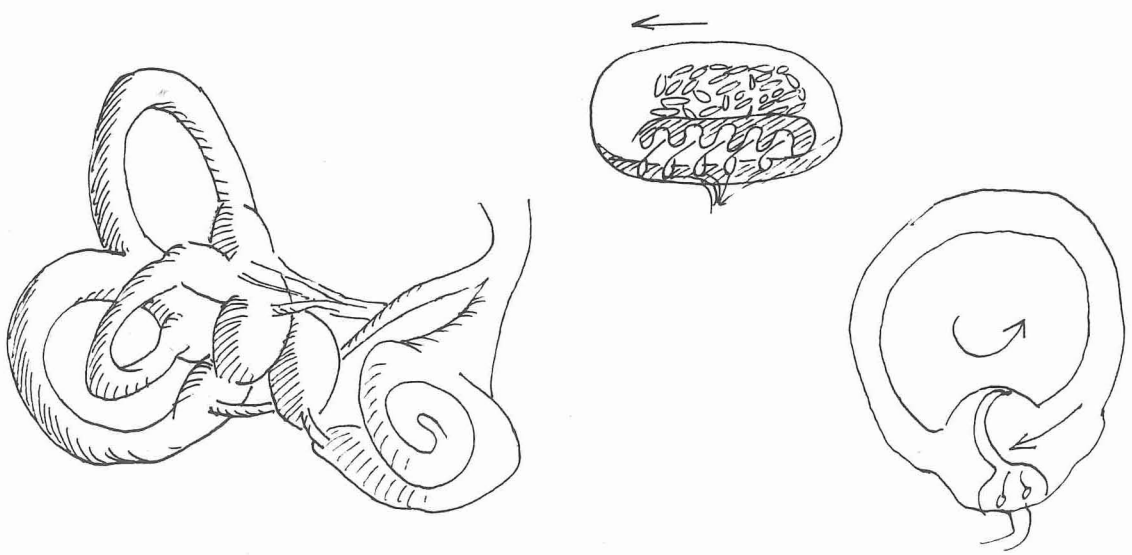


figura nº 3.2.-(elaboración propia)

que los cristales otocónicos tienden a permanecer estacionarios con respecto al suelo y cuando se da una aceleración de cabeza o de todo el cuerpo, la masa gelatinosa que contiene a estos cristales se desplaza con respecto a las células ciliadas, deformándolas o flexionándolas en sentido opuesto. Esta flexión se traduce en impulsos nerviosos.

receptor de aceleraciones angulares.-aquí nos referimos a los canales semicirculares y el principio mecánico es muy parecido a los de los receptores lineales. Un giro de cabeza hace mover, tal y como se aprecia en la figura 3.2, en sentido contrario el liquido inercial (endolinfa). En este caso los cilios (creseta) son arrastrados por una masa gelatinosa (cúpula).

Son pues receptores de tipo mecánico y gracias a ellos tenemos referencias de movimiento, espaciales y dirección muy precisas. Si nos fijamos un poco en su anatomía podemos precisar lo siguiente:

A esto habría que añadir los receptores del cuello que nos informan de la posición de éste y que trabaja conjuntamente con los receptores vestibulares. No deberíamos, en principio, necesitar mas sistemas ya que estas particularidades son suficientes por sí solas para dar información de cualquier movimiento de cabeza con respecto al cuerpo (y al suelo). Hay que pensar que cualquier movimiento angular acelerado (o de frenado) puede ser captado por un solo canal, por un par de

ellos o por los tres. Evidentemente, todos los gradientes o medidas en las que se mueven unos u otros nos dan la dirección correcta con gran precisión.

Pero hay una circunstancia que complica el asunto y que está relacionada con las sospechas que hacíamos cuando nos preguntábamos como hacia el cerebro para hacernos a nosotros mismos "objeto que se mueve" y no al entorno.

El problema es que este aparato es multimodal, o sea, que es un cruce de diversos sentidos :los vestibulares, los somáticos y el sistema visual. Evidentemente si tuviésemos que "sentir" cada vez que nos movemos (que sentimos un giro angular de abajo arriba mientras sentimos una aceleración lineal al frente) y "pensar" que brazo tenemos que mover para compensar el desplazamiento del centro de masa o de gravedad, a la vez de mover nuestros ojos de tal forma que la imagen a la que enfocamos no nos "salte bruscamente"...etc se nos haría la vida lenta, torpe e imposible de vivirla. En este caso, como con todos aquellos cuya resolución tiene que ser rápida y en coordinación con otras zonas del cuerpo, no hay sensaciones, solo automatismo e involuntariedad.

A todo movimiento, giros y aceleración se corresponden impulsos que se transmiten al cerebro y *"en respuesta a tales estímulos se ponen en marcha reflejos que determinan movimientos del ojo, cuello, extremidades y músculos corporales, y se activan células nerviosas que intervienen en la percepción del movimiento y de la orientación espa-*

cial"(Donal E. Parker: 1981 p.62)

La involuntariedad de estos reflejos no solo deben de estar fundamentados en la necesidad de coordinación rápida o en la de descargar la tensión de estar pendiente (consciente) de todo lo que nos ocurre. Tiene que tener otras causas ya que muchas de las funciones que podemos constatar van mas allá de lo que apuntamos. La primera que se evidencia es la de contrarrestar o compensar alteraciones de equilibrio y orientación. En cuanto a la visión otro tanto, ya que existe una correspondencia exacta entre movimiento ocular y movimiento corporal (estabilización ocular), De no ser así nos encontraríamos ante un mundo donde todo se mueve rápidamente, a saltos, caóticamente...etc. Si recordamos, esto es lo que tendría que ver, ya que somos centro de un eje coordenado, y de ésta forma, según una cooperación vestibulo-ocular queda respondida la primera pregunta. Para que se vea la importancia que tiene analicemos el ejemplo siguiente:

Si tenemos un objeto enfrente a nosotros (ver figura 3.3) y giramos la cabeza de un lado para otro rápidamente no dejamos por ésta causa de seguir percibiendo correctamente al objeto. Si por el contrario lo que gira es el objeto, la percepción se hace mas difícil, problemática y borrosa.

Esta diferencia hace que queden claras dos cosas: que aunque la imagen retiniana sea muy parecida o la misma, existe la "conciencia" y la sensación de quien se mueve y quien no; que el control de la

figura nº 3.3.-(creación propia)

posición de los ojos es mas eficaz cuando se dispone de información de los receptores vestibulares. Esto se completa con el hecho de que si nos movemos alrededor de dicho objeto, tanto el propio objeto como el entorno que lo circunda cambiarán muchísimo en la imagen retiniana, que contrasta con el hecho de que la vemos como "quieta".

Estos problemas serán examinados mas profundamente en el siguiente punto. De momento, en cuanto al aparato vestibular hay que constatar lo siguiente: La disparidad sensorial y la acomodación.

3.1.3.-<u>disparidad sensorial y acomodación</u>.-

Gracias a la disparidad sensorial, provocada por condiciones no habituales reproducidas a tal efecto, veremos hasta donde domina el aparato vestibular y hasta donde el visual. De estos dominios podemos

inferir como cooperan entre sí.

Uno de los ejemplos mas clásicos está recogido por Cohen (J. Cohen 1969/b) y se debe a R.W.Wood:

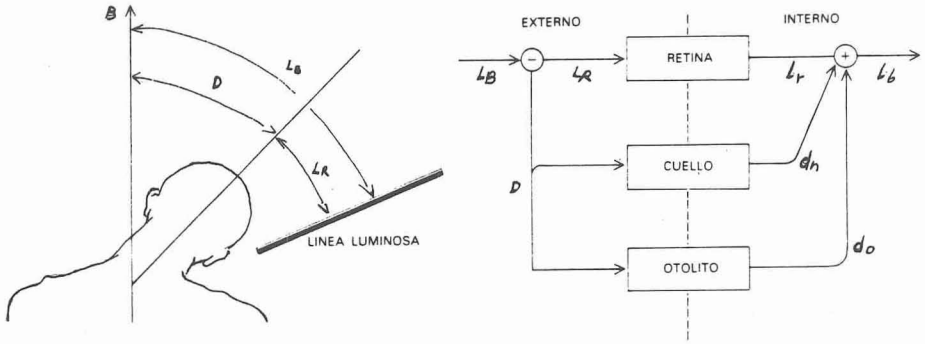
> *"...al entrar al edificio nos encontramos en un cuarto cúbico espacioso amueblado con un sofá, una mesa, sillas, una caja fuerte pesada y un piano, junto con otros artilugios diversos, pero el objeto mas llamativo era el enorme columpio, con capacidad para cuarenta o mas personas, que colgaba en el centro de la misma, suspendido de un cilindro de hierro que pasaba a través del centro del cuarto. Cada vibración del columpio provocaba esas sensaciones de "vacío" que se sienten en un elevador, y cuando nos precipitábamos hacia atrás,hasta la parte de arriba del cuarto, teníamos la clara sensación de estar "inclinados hacia adelante"...se nos dijo entonces que nos agarráramos con fuerza mientras el columpio daba la vuelta, y desde luego, eso hizo...muchas personas se sintieron verdaderamente mareadas. Muchos dijeron que apenas podían caminar para salir del edificio,, debido al vértigo y las náuseas...El artefacto trabajaba del modo siguiente: el columpio propiamente dicho estaba prácticamente en reposo, solo se le empujaba un poquito, mientras que el cuarto mismo se ponía en movimiento...lo mas curioso es que aunque la maniobra fuera conocida, como en mi caso, era imposible calmar las sensaciones de "vacío" a cada movimiento aparente del columpio."*(R. W. Wood citado por J.Cohen: 1969/b p.76)

Existen muchos ejemplos de este tipo. Generalmente el cerebro le hace mas caso al sistema visual que al vestibular, pero no siempre ocurre así. Cuando las sensaciones vestibulares son muy fuertes, éstas predominan sobre las visuales, ahora bien, en todos los casos que conozco, la imagen siempre es coherente (me refiero a que un hombre, siempre que no se pierda la consciencia, sigue sintiendose o viendose como imagen de hombre en un entorno estable, y una casa inclinada una casa, no manchas, desenfoques, imágenes partidas o incongruentes).

Casos como el de las gafas que desplazan lateralmente las imágenes, o los conocidos experimentos de sujetos con los ojos vendados que sienten que giran en un sentido cuando lo hacen en el opuesto, o que están parados cuando realmente están girando...llevan implícitos una cierta adaptación, fenómeno éste que es muy usado para explicar aquello que no se conoce a la vez de ser una de las propiedades cerebrales mas sofisticadas. Hay que pensar que la adaptación hace presencia cuando existe disparidad entre la información de los sentidos(o de un mismo sentido) y que se da en todos ellos, así mismo, a todos los niveles, desde el mas primario hasta el mas complejo nivel del procesamiento de la información. Solo tenemos que pensar en la acomodación del ojo a la luz y a la oscuridad, o de la mano al agua caliente o fría, así como aquellos mas complejos de acomodación a un ambiente rojizo o verdoso, a las aceleraciones de la moto o del ascensor, a aquellas todavía mas complejas de aquel que lleva gafas que pone el.mundo patas arriba o el caso de los astronautas en un ambiente sin gravedad.

Es notoria la velocidad con la cual el cerebro se adapta a circunstancias poco habituales. Después de un período de confusión, todo puede parecer normal, pero para que ello sea así, no me cabe ni la menor duda de que en el cerebro tienen que modificarse múltiples asociaciones, correlacionarse los diferentes sentidos, etc. Por eso la adaptación tiene que ser considerada como una propiedad altamente evolucionada y tendrá que tener relación con la plasticidad que tanto ponderamos los humanos. La adaptación también ha sido observada en animales, pero de la misma manera en que se observa cierta categoría de "plasticidad neural".

El aparato vestibular, en particular, se adapta muy bien a la velocidad constante, digamos que es altamente susceptible a la aceleración constante, y esta es la causa de las "ilusiones" de movimiento, tal y como puede apreciarse en la figura nº 3.4, construida por Donal E. Parker (Parker: 1981)



MODELO DE SISTEMAS de control biológico que sugiere cómo la persona que realiza el experimento de la línea luminosa compensa la inclinación de la cabeza. El sujeto experimental (*representado a la izquierda*) debía estimar el ángulo formado por la línea luminosa (L_B) y el eje del cuerpo (B). Al inclinar la cabeza sobre el hombro se produce una alteración del equilibrio y la orientación (D), variando también la orientación de la línea en la retina (L_R). Para estimar L_B el sujeto debía sumar L_R y D. En el modelo de sistema de control biológico (*derecha*) se representa la línea luminosa por L_B y la inclinación de la cabeza por D. Los receptores del cuello y los otolíticos generan impulsos que indican el grado de inclinación (d_h, d_o). Tales señales se suman a las que produce la línea en la retina (l_r); se estima así, en el sistema nervioso central, la orientación de la línea respecto al eje corporal (l_b).

figura nº 3.4.-(D. Parker: 1981 p.71)

Sabemos, en cambio, que estas cosas no nos ocurren corrientemente si bien en el último siglo con el uso de aviones, trenes, vehículos, etc, se hace mas probable y nos tendríamos que preguntar a que está de por sí adaptado el aparato vestibular. La respuesta es la esperada ya que de todo lo dicho solo nos faltaba un dato, la gravedad. Esto se prodría haber inferido del funcionamiento del receptor etolítico, pero es mas descriptivo el experimento de Parker.

Este experimento evidencia la componente "gravedad" del movimiento, gracias a pruebas efectuadas en estados ingrávidos, donde la percepción del movimiento horizontal se siente como uno giratorio (tipo columpio),tal y como lo muestra la figura .

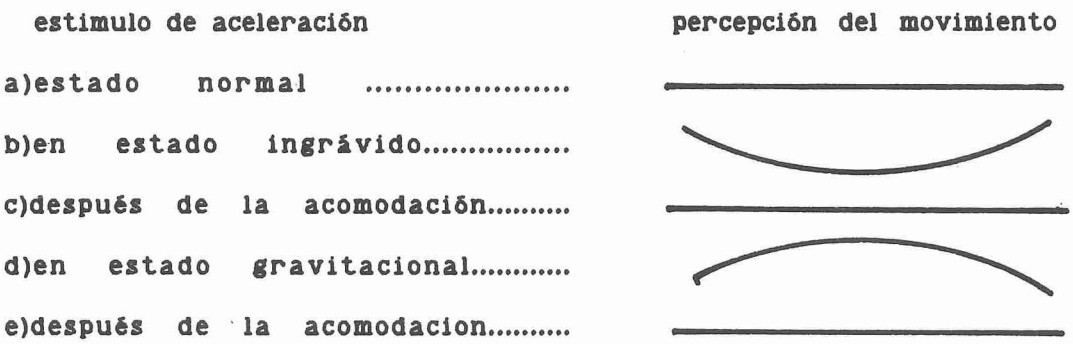


figura nº 3.5.-(basada en un esquema de Parker, 1981 p.74)

Al sujeto se le traslada de un lado para otro en movimientos oscilantes. En "a" la percepción de la trayectoria es normal ya que era en condiciones normales de gravedad. Eso mismo, pero en una situación experimental, en ausencia de gravedad, el sujeto sentia columpiarse, no trasladarse rectilineamente (caso de "b"). Mas tarde se adaptó pero cuando las condiciones volvierón a normalizarse, el sujeto creía estar desplazándose según una trayectoria que se elevaba y luego descendía (caso "d"). Así pues, gracias a la acomodación no sentimos, en condiciones normales, la componente "gravedad", lo cual interpretamos, a cada aceleración angular como un simple movimiento lineal.

Esta sensación es, asi mismo, un producto cerebral, ya que se genera en él.

Podemos resumir todo esto diciendo que como cabría de esperar, las informaciones del aparato vestibular (y dentro de él, la de los receptores etoliticos y los canales semicirculares) y del sistema visual son independientes aunque trabajen conjuntamente, tal y como lo demuestran la existencia de disparidad sensorial. La acomodación se efectúa, a su vez, separadamente, como también se infiere de las pruebas, aunque correspondiéndose los dos tipos de experiencias. Pero lo mas importante es ver que los receptores somáticos y vestibulares al trabajar en cooperación con el visual, aportan datos riquísimos sobre el espacio circundante. Tanto es así, que al menos en los estados primarios (pre-visuales) aportan las condiciones espacio-temporales necesarias para que el fenómeno visual (y luego mas tarde, perceptivo) llegue a producirse. Probablemente la falta de esta información previa no quiere decir que la retina no procese la información electromagnética ni que el córtex haga lo mismo, sino que lo que ocurre es que no se comprenda nada de lo que se vea. De todas formas podemos encontrar casos en los cuales se rebata esta idea (un paciente con el cuerpo insensibilizado y que no tiene problemas en cuanto a la visión) pero en ninguno de ellos estaremos seguros de si realmente al cerebro le llega o no esta información, a la vez de que tenemos que pensar que el organismo, dada la importancia, puede haber generado un sinfín de mecanismos "paralelos" o de urgencia que puedan suplir estas carencias, según hemos visto cuando tratamos sobre los sucesos neurales.

NOTA 3.1.- La obtención de información sobre el sistema de relaciones espaciales (realidad táctil) viene dada por:

-sentido tensión de la piel
-sensores de posición
-sensación localizadora del tacto
-sensibilidad distintiva
-sentido de la forma (sentido de Foerster)
-posición espacial con respecto al entorno

NOTA 3.2.- La obtención de información sobre el espacio (eje coordenado de referencia) que se lleva a cabo a través del movimiento viene dada por:

-receptor aceleraciones lineales
-receptor aceleraciones angulares

constatado por los siguientes puntos:

-el utrículo está orientado horizontalmente
-el sáculo está orientado verticalmente
-los canales semicirculares se encuentran situados en tres planos tal y como el x,y,z, de los ejes convencionales.

NOTA 3.3.- Los datos obtenidos a través de estos sistemas tienen carácter netamente multimodal donde están implicados los siguientes sistemas perceptivos: vestibular, somático y visual.

NOTA 3.4.- El control de los movimientos de los ojos es mejor cuanto mayor sea la información vestibular

NOTA 3.5.- La adaptación hace presencia cuando hay disparidad sensorial, nunca en caso contrario. Cuanto mas compleja sea la manifestación de dicha disparidad, mas necesaria se hace la presencia de la capacidad "plástica" de los sistemas neurales.

3.1.4.-Dinámica ocular.-

Ya que hemos hecho menciones al aspecto multimodal de estos tipos de fenómenos, ahora es el momento de ver lo que ocurre con el otro sentido cooperativo, el visual, y en específico los movimientos oculares. Y la manera de hacerlo es viendo como afecta al sistema visual la información vestibular. En principio, podemos partir del esquema de Parker (figura 3.6). Este esquema es el que coordina el equilibrio y la orientación. Tal y como se ve, de los receptores visuales parten vías nerviosas a los núcleos vestibulares, al cerebelo vestibular y a la formación reticular.

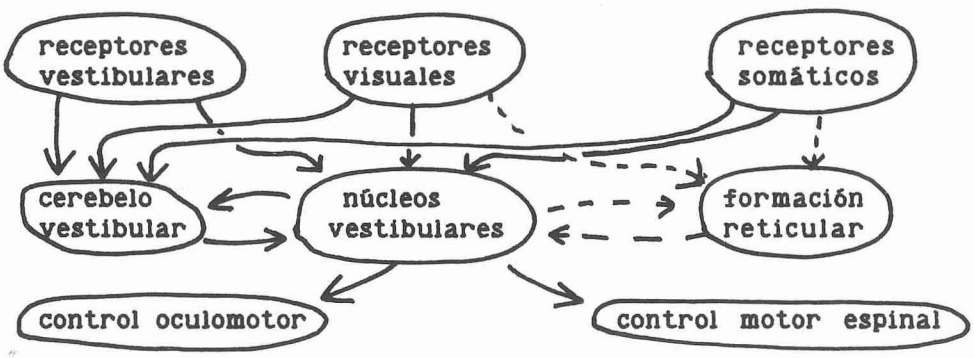


figura nº 3.6.-(D. Parker: 1981 p.70)

Tal y como dice Parker, *"una vez elaborada la información, los núcleos vestibulares transmiten impulsos al sistema de control oculomotor o al sistema motor espinal (de motilidad). El sistema oculomotor coordina los movimientos de los ojos; el sistema motor espinal controla las contracciones del cuello, extremidades y músculos corporales"*.(Parker: 1981 p.70).

La coordinación de los movimiéntos de los ojos van a tener que competir con otros, pertenecientes asi mismo al sistema visual. Podemos distinguir perfectamente cual de ellos es el producido por la relación vestibular, pero solo en el caso de mas evidencia, ya que no sabemos si los otros movimientos son el resultado (al menos en parte) de elaboraciones mas complejas de dicha información.

Netamente, son seis los movimientos mas característicos:

1-fluctuaciones
2-enfoque automático y acomodación a la luz
3 movimientos de sacudida rápida
4-movimientos lentos de aproximación
5-movimientos vestibulo-oculares, mov. convergencia (punto 2)
6-movimientos oculares de suave persecución.

Las fluctuaciones del ojo se refieren a movimientos de adelante-atrás, fluctuando con una frecuencia de 30 a 150 ciclos por segundo. Si se estabiliizan estas vibraciones , la imagen desaparece. John Krauskopf lo evidenció construyendo un disco rojo que rodeaba a otro verde. Dispuso todo para que la frontera entre los dos colores se correspondiese con las fluctuaciones oculares. El disco verde dasapareció durante unos segundos y en su lugar se veía de color rojo. Esto, claro está, tiene que estar relacionado tanto con la necesidad de estimulaciones cambiantes en la retina, como con la importancia que adquiere el borde en la percepción de la forma y el color.

El enfoque automático y la acomodación a la luz son otras características involuntarias "activas". Se ha comprobado que los ciegos que

tienen el sistema visual (las primeras etapas) en perfecto estado, sus pupilas se modifican en respuesta a los cambios de luz. Se les suele denominar "acomodaciones" pero como este término se usa para múltiples cosas, prefiero utilizar el de modificaciones de la pupila, y enfoque automático (modificaciones del cristalino). En cuanto al enfoque todo el mundo sabe para que sirve, pero lo que es mas fascinante son las demostraciones de Jeremy M.Wolfe (J. M. Wolfe: 1983) quien demostró que el sistema de enfoque es ciego al color. Esto se puede interpretar como que las transformaciones del cristalino solo ocurren cuando se les presenta algo que puedan "ver". Esto ocurre en superficies diáfanas, isoluminancias, ante un cielo sin estrellas o en habitaciones en absoluta oscuridad. En estos casos el cristalino adquiere un estado de reposo, que se llama foco en la oscuridad, que suele estar a un metro de distancia.

Los movimientos de sacudida rápida son, como lo indica la palabra, movimientos oculares muy rápidos (30-100 milisegundos para 10 grados) que sirven para colocar en distintas zonas del campo visual un área diminuta situada en el centro de la retina que se llama fóvea. Los de lenta aproximación son movimientos como los anteriores, mas lentos (500 milisegundos para 10 grados) pero utilizados para recorrer distancias mas cortas). Estos, a su vez, se componen de otros tipos de movimientos que trabajan conjuntamente (son componentes) y que será explicado mas adelante.

Los vestíbulo-oculares son los relacionados con el punto anterior y

tienen la misión de estabilidad visual durante los movimientos de cabeza.

Los movimientos oculares de <u>suave</u> <u>persecución</u> son aquellos que usamos cuando contemplamos como vuela un pájaro o fluye un río.

Como se puede apreciar nos encontramos ante un órgano hiperactivo contra lo que aparenta ser, ya que la mayor parte de estas características no se aprecian a simple vista y no se sienten como tales.

Pero esta involuntariedad debe hacernos recapacitar, en cuanto no existe nada en nuestro cuerpo que sea de vital importancia que esté controlado por la voluntad. El único movimiento que parece tener algo que ver con nuestras órdenes es el de suave persecución, pero ni siquiera, ya que generalmente la mirada se nos va hacia el objeto que se desplaza. Claro que existen movimientos voluntarios, pero esos no nos interesan aquí, ya que solo tienen esa característica. Sobre las fluctuaciones, el enfoque y la acomodación a la luz ya se dijo todo que se conoce. Ahora bien, debemos detenernos en los de sacudida ya que cumplen muchas funciones que nos interesan. Por ello recurrimos a Terry Bahill y Laurence Stark que los han investigado ampliamente.

Estas sacudidas parecen tener, y tienen, naturaleza unificada, pero solo en el sentido de que podemos reconocer a estos movimientos y distinguirlos de los otros anteriormente descritos. Por lo tanto no son la suma ni están compuestos por éstos. Ahora bien, estas sacudidas

están compuestas por varios componentes dinámicos o movimientos oculares menores, tal y como se desprende de las experiencias y el análisis de ciertas características, tales como las sacudidas que sobrepasan el blanco (se pasan del objetivo para luego regresar a él). *"Existen tres maneras diferentes en que el ojo puede variar su trayectoria de sacudida sobrepasando el blanco: sobrepasada dinámica con retorno rápido (20 milisegundos), sobrepasada deslizante con retorno lento o deslizante (200 milisegundos) y sobrepasada estática sin retorno, para luego regresar gracias a otro impulso corrector"* (nota modificada de T.Bahill y L. Stark 1979, p.72-73). Los primeros son los mas corrientes pero los segundos y terceros aumentan con el cansancio.

Estas sobrepasadas tienen su origen en un nivel neurológico no pudiendo ser achacados a efectos de amortiguamiento, pero en principio, este tipo de movimientos, aunque importantes en cuanto al "refresco" de la retina, no debieran de interesarnos a nosotros.

El caso es que Stark y Bahill, al intentar descubrir las causas de dichas sobrepasadas, llegaron a la conclusión de que *"la señal de control para una sacudida rápida, de tipo descarga mas cámbio de ritmo, es temporalmente óptima, es decir, que no existe forma alguna para una señal de control que sea capaz de mover el ojo con mayor rapidez entre dos puntos del campo visual que la forma exacta utilizada por el cerebro para las sacudidas"*.(T.Bahill y L. Stark 1979, p.74) Pero lo que nos interesa es lo que ello implica, que no es otra cosa que lo apuntado por ellos: *"la generación de una sacudida con sobrecarga dinámica es una cuestión que ha de ser decidida por el cerebro*

con relativa antelacion, es decir, antes de que se constituya la señal"(T.Bahill y L.Stark 1979, p.74). Esto vuelve a corroborarse cuando se estudian los movimientos de sacudida oblícuos, donde se necesitan dos componentes , uno horizontal y otro vertical. Se demostró que los componentes son fisiológicamente independientes y el origen de los impulsos nerviosos que los generan son así mismo independientes, y su localización está en zonas motoras distintas.

Tenemos que añadir el hecho de que la visión no se ve alterada por causa de estos movimientos, si bien la imagen de la retina va de un lado para otro erraticamente. Y esto ya tiene ralación con el tema de la percepción de un entorno estable. Parece ser que la visión se desconecta antes y durante la sacudida, lo que implica que se hace una estimación del cámbio esperado, tal y como opinan Bahill y Stark.

Yo iría mas lejos. Son demasiados tipos de movimientos para no tener una importancia decisiva en la visión. Ya hemos descrito alguna, pero mis sospechas van mas allá, pués creo que algunos de estos movimientos están incluidos en el "como se percibe", digamos, ...ya que el cerebro está al corriente de lo que supone un trasiego de imagen retinal, e incluso con capacidad para preveer o estimar cámbios en dichas imágenes, claro está, con la frecuencia y velocidad esperadas, ¿podríamos descomponer un movimiento voluntário en una suma discreta de sacudidas? ¿pone algún mecanismo involuntário el ojo ante aquello que "quiere", "reconoce" o le sirve para construir la imágen del mundo?. Hay que pensar que la información obtenida por las células de la periferia de la retina se utiliza para dirigir los diversos movimien-

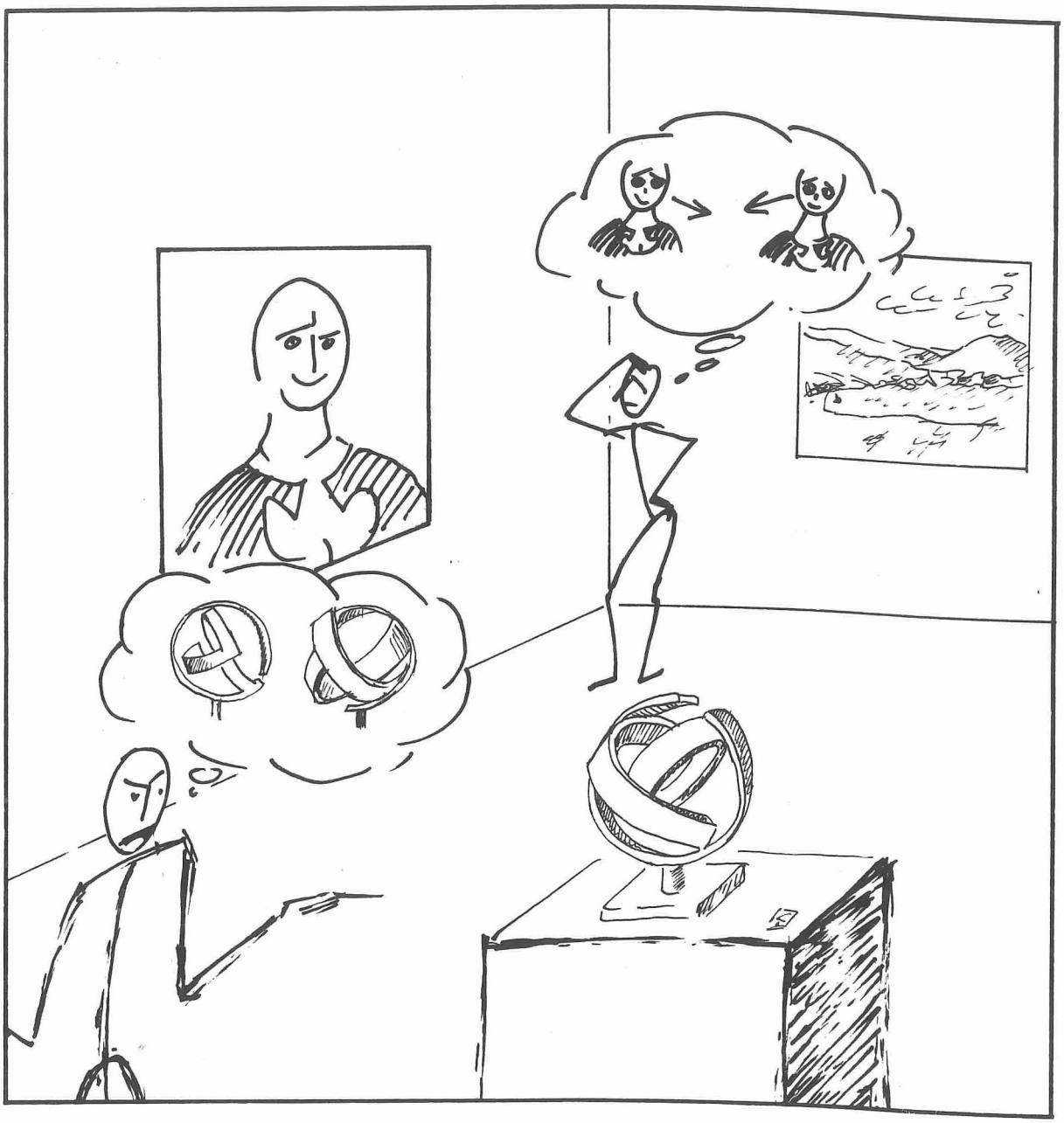


figura nº 3.7.- En un espacio como el representado, una persona en movimiento puede distinguir el distinto comportamiento o las distintas transformaciones que se efectuan en la superficie plana representada en el cuadro y aquellas otras que ocurren en la escultura (en este caso, una de Oteiza). El correcto funcionamiento de la cooperación multimodal de los sensores somáticos, vestibulares y visuales nos sumerjerá en un "entorno estable". Por contra, podemos sorprendernos al ver que la figura representada "nos mira" estemos en un lugar o en otro. Este segundo tipo de sensación ocurre por el simple hecho de que el percepto "nos mira" debería estar avalado con sensaciones de posición dependientes de un lugar especifico, o de unas trasformaciones mas complejas que las que suceden en el cuadro. Al no existir, faltan datos, y esta es la causa de la sorpresa (el entorno parece perder parte de su estabilidad). (creación propia)

tos de sacudida, *"desplazamientos radiales cuya magnitud suele estar comprendida entre cuatro minutos y 15 grados (desviaciones mayores es mediante combinación de cabeza y ojos)"*(T.Bahill y L. Stark 1979, p.67) tal y como venimos diciendo a lo largo de este trabajo. Solo tenemos que recordar la nota de Luria (Luria: 1969/b p.127) citada en el capítulo anterior y donde recordaba que los enfermos con una fuerte ataxia de la mirada *"perdían el objeto que se les presentaban"*, o lo que es lo mismo, que no lo veían.

Está claro que esta parte de la percepción ha sido subestimada, pero yo no tengo mas datos que los dados ni las he podido encontrar en ningún texto, que nos puedan servir. Nosotros, por el contrario, tenemos ahora que dar alguna respuesta a la cuestión que preside este apartado: ¿que mecanismos nos permiten ignorar los efectos de nuestro propio movimiento y percibir estable el medio que nos rodea?

Y como en parte ha sido respondida, además de no poder dar una respuesta rotunda, debemos emplear el método usado en las otras partes de este trabajo: aislar las variables que intervienen y explicar un poco las condiciones en que se utilizan.

NOTA 3.6.- Los tipos de movimientos en los que se ve implicado el aparato ocular son los siguientes:

1-fluctuaciones
2-enfoque automático y acomodación a la luz
3-movimientos de sacudida rápida
4-movimientos lentos de aproximación
5-movimientos vestibulo-oculares, mov. convergencia (punto 2)
6-movimientos oculares de suave persecución.

NOTA 3.7. - Se puede conjeturar que en cada movimiento rápido del globo ocular, el cerebro desconecta de alguna manera las entradas de información, estimando el cambio que puede suceder conforme a la imagen retiniana de antes y después de la sacudida.

3.1.5.-Extracción de variables en la percepción de la estabilidad.-

Podemos hacer un breve resumen de lo dicho, pero debemos responder antes a una de las cuestiones con las que parece estar relacionada la percepción de la estabilidad: la percepción de la distancia. No cabe ni la menor duda de que alguna relación tiene, pero el caso es en ver como lo hace, o simplemente si existe una interdependencia tal que no se puedan dar una sin la otra. O sea, ¿es necesaria la percepción de la distancia para explicar la sensación de estabilidad y coherencia de la imagen?

Hemos visto al comienzo de este punto, que a la hora de construir la imagen de lo real, existe la absoluta necesidad de la entrada de cierto tipo de información, algo así como las cotas triples de un supuesto eje inercial. Hemos encontrado los órganos o aparatos que podrían darnos esta información, si bien, al hablar sobre los movimientos de los ojos encontramos apoyos visuales para inferir la distancia, trabajando cooperativamente con la información vestibular.

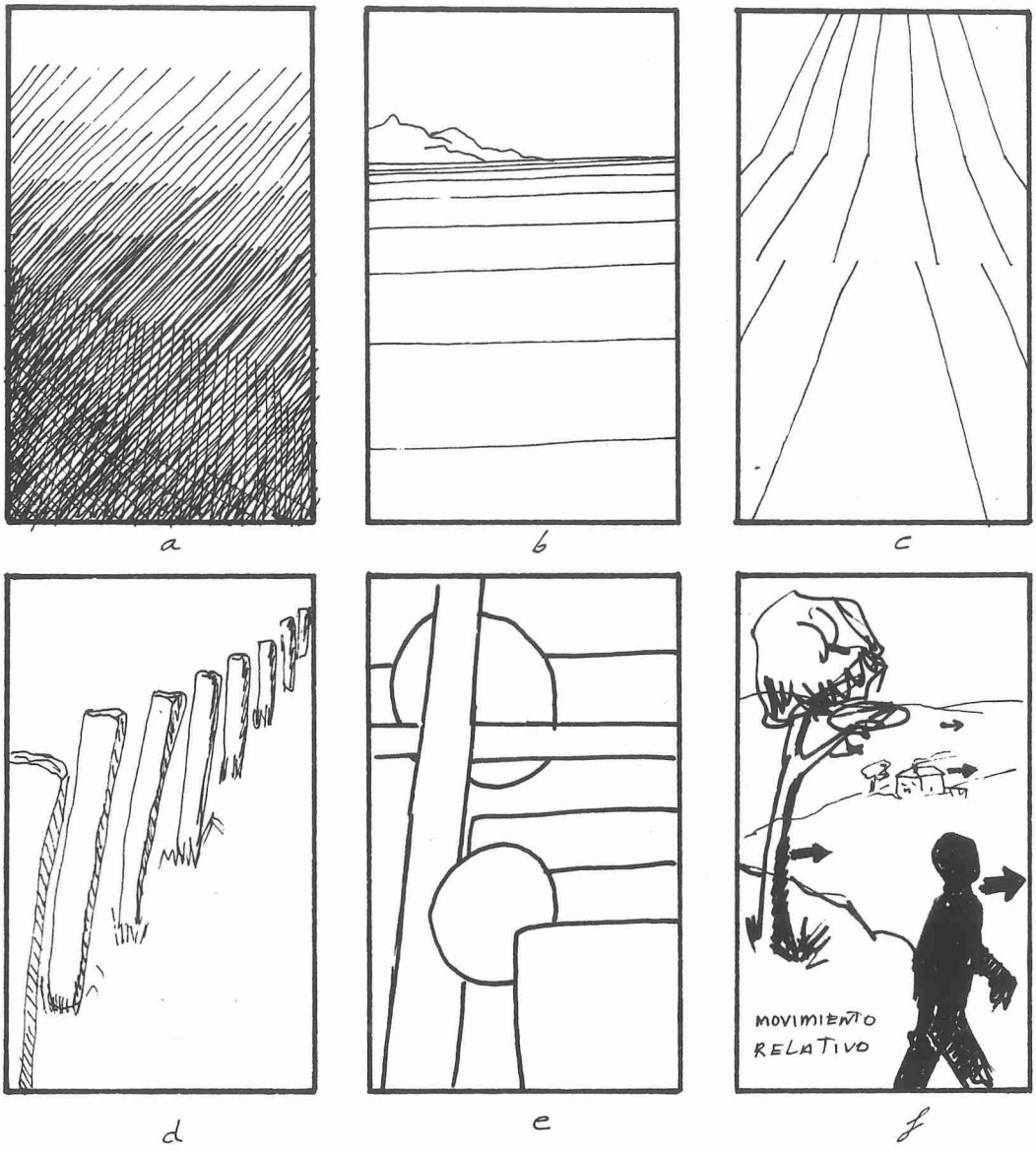
Así, y dado que la literatura sobre el tema va por otros derroteros, podemos relatar lo que la psicología afirma como las distintas maneras con las que podemos inferir la sensación espacial.

-perspectiva lineal y el tamaño decreciente de objetos similares con la distancia
-tamaño aparente de objetos cuyo tamaño real se conoce
-superposición de contornos
-distribución de la luz y sombra de un objeto

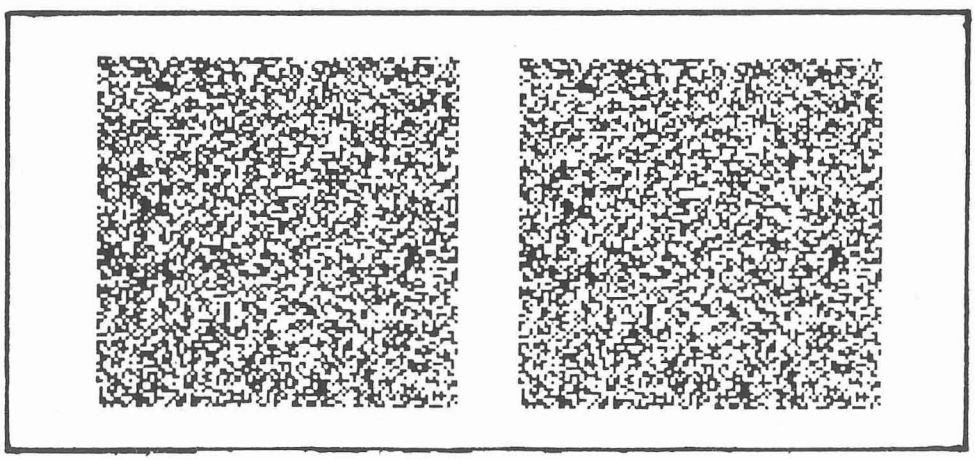
-distribución de la luz y sombra de un objeto
-movimiento relativo de los objetos o paralelaje monocular movimiento.
-perspectiva aérea y pérdida de detalles
-disparidad binocular
-grados de convergencia ocular y de ajuste de los cristalinos (a veces factor de ubicación angular de un objeto (terreno entre el objeto y el observador)
-el brillo

De estas ocho maneras el cerebro puede deducir la distancia de las cosas o las relaciones espaciales entre ellas. Yo no creo que con describirlas se concluya el problema. Me inclino por pensar que es tal la evidencia que encierran, que en el fondo no nos dicen nada que no sepamos por la simple observación. Podemos sumar a estos puntos, otros tantos enunciados por Gibson (Gibson, 1950 p.192-200) y que hacen referencia, así mismo, a las variedades de perspectivas con las cuales podemos inferir la distancia, la sensación de profundidad:

1-la de textura (densidad gradual de la estructura fina, puntos y claros)
2- la de tamaño (disminución de tamaño en el campo visual cuando se les considera)
3-lineal (como la de tamaño cuando los contornos son rectilíneos)
4-binocular (imágenes dobles)
5-de movimiento (cambio gradual en el ritmo de desplazamiento)
6-aérea
7-borrosidad
8-ubicación relativa hacia arriba en el campo visual.
9-desplazamiento de la densidad de textura o espaciamiento lineal
10-desplazamiento en cantidad de imágenes dobles
11-desplazamiento en el ritmo de movimiento
12-continuidad de contorno
13-transiciones entre luz y sombra



– Gibson : 1950



g.- (Julez, 1975)

Fig. 3.8

Pero como es de esperar estas trece claves no van mas allá de la mera descripción de las variables de estimulación retiniana con las cuales podemos inferir las cualidades espaciales de nuestro entorno. Podemos (y yo lo he experimentado) reproducir aisladamente cada uno de estos puntos y no dar efecto de distancia. Podemos construir una muestra de diferentes texturas y verlas en el mismo plano. Lo mismo ocurre con las disminuciones de tamaño, con la perspectiva lineal, con la de movimiento, la aérea, la de borrosidad y la de ubicación relativa. Podemos así mismo, con aparatos mas complejos, reproducir o desplazar la densidad de textura, el ritmo de movimiento, la continuidad de contornos o las transiciones entre luz y sombra. Ninguno de ellos, convenientemente aislados, nos producen sensación espacial suficientemente significativa. En muchos de ellos, evidentemente, parece que ciertos objetos están delante de otros, que ciertas cosas están muy cerca y otras muy lejanas, pero nunca con la sensación que se tiene en un entorno no experimental, o sea, en la realidad cotidiana. Otra cosa es cuando experimentalmente hacemos que en nuestros ojos se mezclen imágenes preparadas para producir fenómenos binoculares. Solo tenemos que comparar los dibujos de la figura nº 3.8 "a", "b", "c", "d" y "e" con los de la "g" y comprobar que en una podemos forzar la percepción (imaginarnos que en "a" o en "b" no es un gradiente que se aleja, sino un dibujo plano, erecto) y en la otra es imposible, ya que la sensación de "espacio" o "distancia" no depende de nuestra voluntad. El efecto de Julez es exageradamente espacial.

El efecto de la figura nº 3.8 es una propiedad emergente, una entidad nueva, una entidad física generada en los biosistemas neurales

siempre que se esté en presencia de una estructura muy especifica de la estimulación exterior, y que a veces puede ser provocada dentro del propio cerebro por autoestimulación de las zonas donde se genera.

Tenemos que ser muy cautelosos a la hora de hacer juicios demasiado arbitrarios sobre estos fenómenos ya que , si bien solo constituyen el repertorio de las diferentes caracteristicas de nuestras imágenes perceptivas en cuanto al movimiento y la percepción espacial, no es menos verdad que en algunas de ellos tiene que encontrarse el meollo de la cuestión. Quizás no tan evidente como se ha exagerado pero si limpio de toda intervención de aprendizaje y cultural. Como se verá mas adelante el problema no es tan sencillo ya que las respuestas hay que buscarlas en la manera en como el cerebro procesa dicha información. Para nosotros resulta muy fácil decir que un árbol en la lejanía es mas pequeño y mas lento al movimiento que uno que está en un primer plano, ya que lo constatamos de continuo. Otro caso es saber como en la retina, en su complejidad estructural se toman esos datos y se perciben como mas lejanos o cercanos ¿como lo sabe el cerebro sin tener que preguntárselo constantemente y a la vez enfocarlos automáticamente?

No es fácil. Valga con clasificar los fenómenos en distintos niveles y ordenarlos. Tenemos que distinguir lo que es construcción de la imagen, de aquello que son controles paravisuales o de las elaboraciones complejas efectuadas sobre la propia imagen. No me refiero a la imagen retiniana sino a la imagen construida a partir de la retina, que es otra cosa. De esta manera podemos intentar ordenar los puntos

expresados mas arriba, de un orden creciente del nivel de elaboración de la imagen, o de lo que implica dicha elaboración.

Tanto la binocularidad, la continuidad de contornos, como los pasos entre luz y sombra, constituyen elementos básicos a la hora de acceder a niveles superiores, Digamos que sobre la retina solo hay manchas que se mueven de un lado para otro. El sistema visual, de un modo u otro, tiene que extraer de ello diversos tipos de organización-base, tanto del tipo de movimiento como de la disparidad retiniana. Veremos, cuando hablemos sobre la teoría retinex y la computacional, la importancia que adquieren los bordes, y más aún, los pasos o saltos bruscos en el gradiente de intensidad, generadores de dichos bordes. Pero es evidente que en el sentido en que se expresa Gibson no constituyen elemento base alguno. Digamos que para Gibson el cerebro "lee" o infiere (que es mas grave) en la imagen que se produce en la retina, y lo hace en los términos de las elaboraciones superiores de la imagen. Para aclararnos: la "sensación" de distancia, la de color o la de movimiento son "productos" que se consiguen después de transformarse e interrelacionarse cientos de miles de datos de informaciones que provienen tanto de la retina como la ya existente en el propio cerebro. Por todo esto no podemos decir que el tamaño, el movimiento, el brillo, ¡que se encuentra en la retina! nos sirve para inferir la sensación de espacio o de profundidad. Solo tenemos que recordar el ejempo de la figura nº 3.8 "g" (el del estereograma de Julez) para ver que todo eso es mentira.

Pero, para contradecirme a mi mismo, diré que es relativamente cierto lo que dice Gibson, ya que en un ser adulto, con un sistema visual como el nuestro, con neurosistemas plásticos al uso, un gradiente de textura sobre la retina puede provocar sensaciones espaciales, si tras una época de aprendizaje se han modificado estructuras cerebrales tal que asemejan innatas. Pero para eso no tenemos que bajar a la retina, con decir que vemos directamente árboles, montañas y ríos con nuestros propios ojos, ya vale. Pero ya sabemos lo que esto demuestra. Que nos estamos moviendo en el mundo fenoménico donde todo se puede explicar desde este punto de vista, no el de la construcción de la imagen.

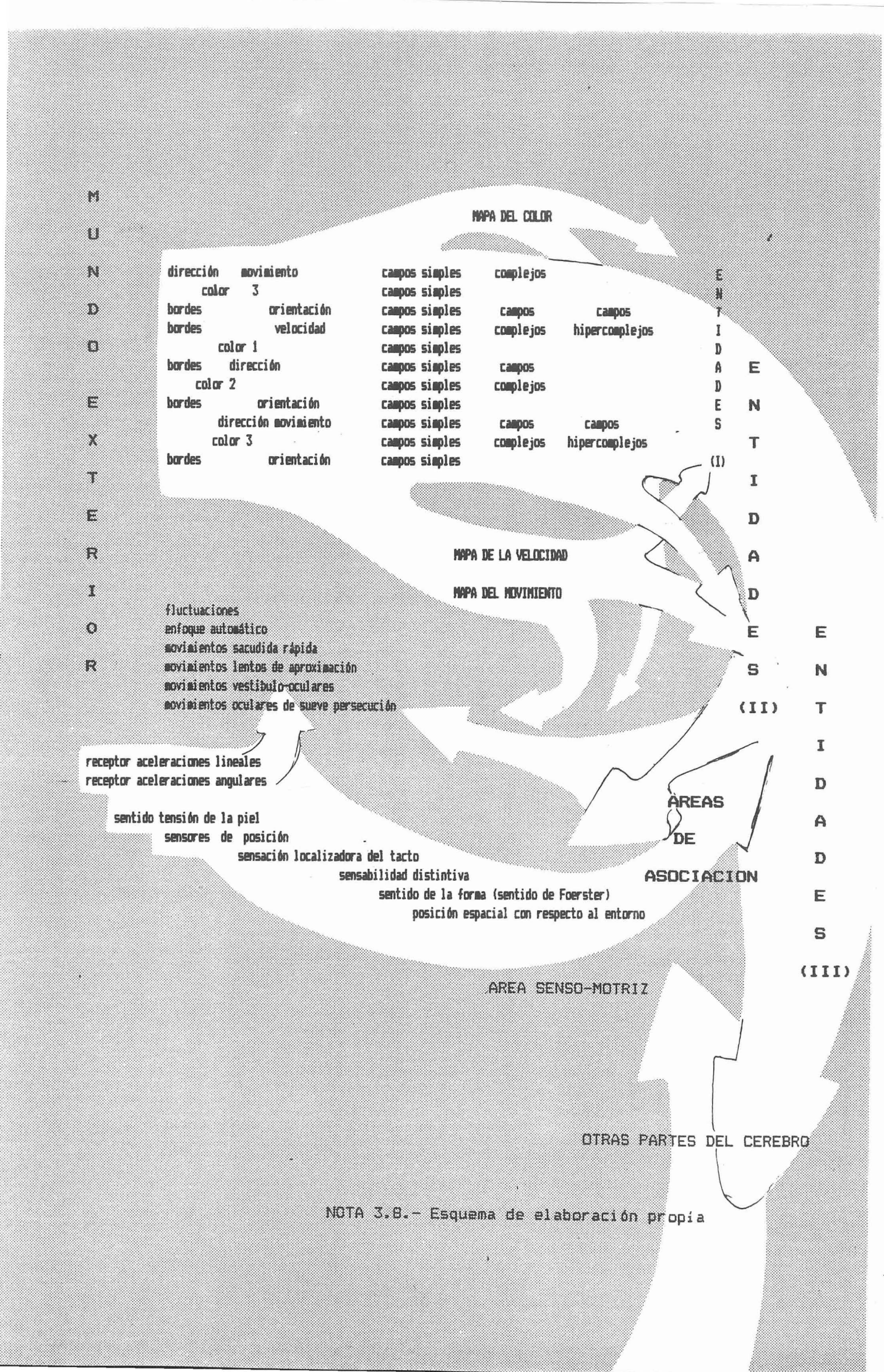
Si nos fijamos en la NOTA 3.8, vemos que los puntos enunciados por Gibson y por la psicología clásica solo podríamos ponerlos al final del esquema. De ser cierta mi conjetura tendremos, de momento, que viajar en solitario, y aclarar el papel que juega la "coherencia" o "estabilidad" de la imagen en todo esto. Por otro lado es evidente que la sensación espacial, puede ser aislada y por lo tanto podíamos suponer que está totalmente desvinculada de la coherencia y estabilidad de la imagen. No es así aunque podamos decir que se deba exclusivamente a la disparidad retiniana ya que está relacionada con los tamaños, formas y disposiciones de los objetos de nuestro entorno y esto solo es alcanzado después del aprendizaje. El hecho de que ocurra solo en los seis primeros meses de vida en los humanos o que en otros animales es innato, no invalida este supuesto. Precisamente corrobora la necesidad preferencial de reconocer lo mas rápidamente posible el ambiente vital.

De esta manera, quede como resumen de todo lo dicho el contenido de la NOTA 3.8, a modo de las variables que intervienen en la percepción de un entorno estable y coherente:

Hemos hablado de la implicación que el sentido del tacto tiene en la acotación de cierto eje inercial que semantice de alguna forma nuestra imagen del mundo con "tamaños", "distancias", interrelaciones"... la forma...etc. Está claro que no sabemos como lo hace, si bien conocemos que el aparato vestibular con su receptor de aceleraciones lineales y de aceleraciones angulares son una de las entradas de información al respecto.

Posteriormente, hemos descrito la complejidad "hiperactiva" de nuestros globos oculares sospechando cierta intervención en el "como y qué" se ve, así como la estimación y la orden, por parte del cerebro, del salto y la dirección en la que tiene que moverse el ojo.

En principio podemos denominar a estos fenómenos "controles paravisuales" con incidencia directa en los netamente visuales, o aquellos que se producen a partir de la retina. O lo que es lo mismo, la entrada netamente visual se produce exclusivamente en la retina, siendo luego sus posteriores elaboraciones producto de la interacción con otros sentidos. El aprendizage estaría implementado en la propia imagen del ser visualmente maduro y posteriormente los propios órganos tactiles pasan a ser meros "controladores" o intermediarios de acomo-



NOTA 3.8.- Esquema de elaboración propia

daciones a situaciones inesperadas o no habituales.

La imagen del mundo sería, por lo tanto, táctil en cuanto modulado-ra de forma y tamaño, visual en cuanto sensación de "luz" atemporal, sonora en cuanto que temporal...etc, y ninguna en particular tanto en cuanto "realidad distinguible" de otros sentidos.

La cooperación entre los sentidos, mas aún cuando se funden en un solo producto "emergente", denotan la lucha de lo vivo por aprehender las estructuras de lo real, por hacer "uno" lo que es común a varios sentidos, por asegurarse, de esta manera, cierto nivel de veracidad.

3.1.6.-Las constancias

La literatura sobre el tema, y en especifico sobre el sistema visual, distingue tres grandes bloques de la constancia: la constancia del color, la constancia de la forma y la constancia del tamaño. Aunque distinguiremos entre ellos seguidamente, cabe decir que cada uno son el resultado del trabajo conjunto de otras constancias, tales como la de la claridad y la blancura en lo que concierne a la del color.

la constancia del tamaño.-

Cuando vemos que se aleja una persona no vemos que disminuya de tamaño, sino que simplemente se aleja. Pero nuestra estimulación proximal (la imagen retiniana) lo que hace es disminuir. Fundamentalmente, esto es lo que ha dado en llamarse constancia, al hecho de que nosotros seguimos sintiendo como "igual" las dimensiones de dicho objeto, pero a estas alturas, después de todo lo dicho parece un tanto ingenuo expresarse en estos términos.

Este paradigma ha dado pié a múltiples experimentos, tales como el de las estacas de Gibson (ver glosario: experimento I) donde su plausividad radica en la demostración (evidencia, mas bien) de que los tamaños y las distancias interobjetuales son una misma cosa ... el

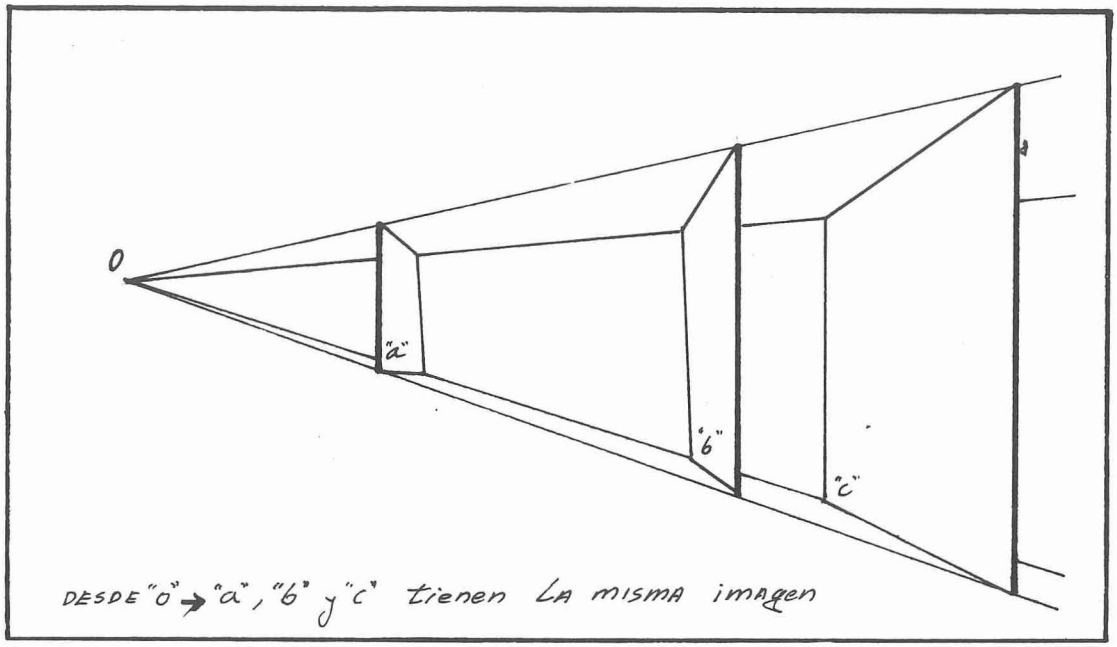


figura nº 3.8.- desde "o", la superficie "a", "b" y "c" tienen la misma imagen (elaboración propia).

clásico experimento de Holway y Boring en 1941 (ver glosario) donde constataron la casi perfecta constancia al intentar ajustar diámetros de discos luminosos a distancias variables con otros fijos. Pero lo que realmente hicieron ha sido dar números o límites a la estructura óptica del ojo, tal y como lo indican la leyes del ángulo visual y la ley de la constancia del tamaño. Bartley es de la misma opinión en cuanto que ve en ello uno de los grandes problemas con los que se encuentra los experimentadores ya que "*todos los resultados de la experimentación siempre fluctúan (subjetivamente) entre las únicas posibilidades ponderables, tales como lo expresa la diferencia entre la ley del ángulo visual y la ley de la constancia del tamaño*" (en S.Howard Bartley 1958, p.234)

De momento lo único salvable es un concepto introducido por los

teóricos de la Gestalt, y es a lo que Koffka denomina "armazón", *"sin armazón estable no hay localización estable, hecho fundamental para la teoría de la percepción del espacio"* (Koffka, 1935 p.251), o mas adelante *"El plano horizontal del fondo y el vertical sobre éste, determinan, entonces, nuestro armazón. Y ninguna línea definida en la retina tiene la función de proveernos de este armazón. Mas bien, ésta es función de las líneas principales de la organización total. De este modo, los contornos, con su función unilateral de conformar las cosas aunque no el armazón espacial, tienen también cierta función respecto a este último, al determinar las direcciones principales."* (Koffka, 1935 p.256), siendo este armazón visual tanto para el "yo" como para los objetos en el ámbito de la conducta.

La importancia de este concepto, aunque antiguo en muchos aspectos, es el hecho de que esta unidad de las partes en un todo "armazón" es a base de adquirir propiedades nuevas que no son explicables por la simple suma o adición de sus partes. Al fin y al cabo esto es lo que venimos diciendo a lo largo del trabajo, con lo cual debemos de retomarlo y hacerlo como propio. La antigüedad a la que me refería viene dada por las bases científicas en las que se basan para justificar o demostrar el paradigma, las cuales ya han sido superadas, y en muchos casos desechadas, tales como dar a la horizontal o vertical atributos tan importantes a la hora de determinar el armazón, o al no mencionar la importancia del aparato vestibular en todo esto. Lo que debe de importarnos, sin prejuicios de ninguna clase, es el hecho de que el paradigma sigue intacto y válido.

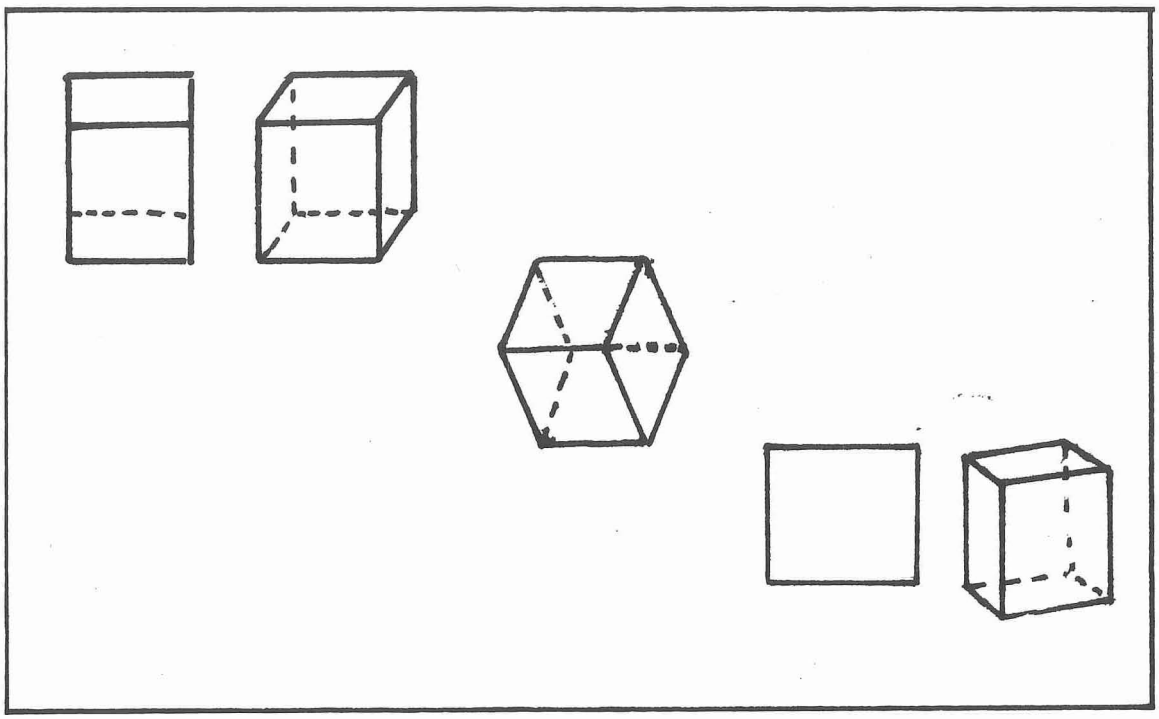


figura nº 3.9.- Un mismo objeto puede prersentarnos infinitas posiciones que nos ofrezcan una imagen totalmente distinta. Por contra, nunca dudamos de su integridad objetual. (elaboración propia)

constancia de la forma.-

Se le conoce también por constancia de la figura, y si en la del tamaño hacíamos mención a una figura que se acerca, aquí podemos hacerlo sobre dicha figura que gira, se agacha, da una voltereta, etc, modificando absolutamente de momento a momento todos los estímulos, pero a lo que nosotros, sorprendentemente, le seguimos atribuyendo la misma forma, o sea, que se mantiene íntergra e inalterable aun cuando modifique sus referencia en relación a nosotros mismos.

Un circulo cuando gira, en la mayoría de sus posiciones forma una imagen retiniana elíptica. Claro está, nosotros seguimos viendo un

circulo y sobre esta base es con la que experimentaron gente como Thouless (ver los experimentos descritos por Kanizsa: 1980 p.128 y siguientes), o Gibson (1950), así como recientemente las de Walter C. Gogel (1978 p.66-74), etc.

Aquí, como en cualquier tipo de constancia, nos encontramos con la frase mas socorrida de toda la teoría de la percepción: la regresión a lo real. Como no coinciden las imágenes retinianas con la real, pero por el contrario, la imagen fenoménica se parece mas a la real que la retiniana, dan pie a Koffka para afirmar: *"cuanto mas diferente sean la imagen retiniana de la forma "real" mayores serán las fuerzas que se requieren para producir una forma percibida igual a la real"* (Koffka, 1935 p.275).

El caso es que no debemos olvidar el hecho de que nuestro cerebro puede asociar infinitos estados a un solo objeto y darle estatuto de objeto "integro", de cosicidad, al margen de su posición en el espacio.

constancia del color.-

Si esa imagen que se aproxima y no cambia de tamaño, o que gira y da brincos, sin cambiar de forma, pasa de una zona a otra donde la luz que la baña es muy diferente tanto por sus composición espectral como por su intensidad, veremos sin asombros que su chaqueta roja nos sigue pareciendo roja.

Fundamentalmente esto es lo que se conoce por constancia cromática, a la persistencia en el tiempo del color de los objetos, aun cuando las condiciones electromagnéticas del ambiente sean muy dispares.

Ya que éste es el tema del trabajo lo analizaré más profundamente en el punto siguiente. De momento, unas puntualizaciones.

apostillas antes de entrar en tema:

Vemos que no me he equivocado cuando dije que las constancias han sido tratadas de manera bastante superficial, aunque no así las series de experimentos que sobre ellas se han hecho. El problema nace cuando no dejamos de sorprendernos por lo poco que se ha avanzado en ello. Toda la culpa la tiene el hecho de dar demasiada importancia a la imagen retiniana, y no haberse aventurado a crear una "teoría" de la visión, de como se construye la realidad. Si recordamos lo dicho sobre las distintas instancias por las que pasa la información tanto distal como proximal, vemos que es un tanto anodino ocecarse por uno de los pasos exclusivamente. Podíamos, de la misma forma que lo hacemos con la retina, el preguntarnos: ¿Que ocurre al nivel del tálamo?...¿no puede haber ahí otro ojo mirando lo que pasa?.. o cualquier otra cosa.

El psicólogo se ha encuentrado ante el dilema siguiente: o regresa

a la filosofía y en concreto a la epistemología a tratar el tema de la percepción (y dentro de ésto el de las constancias) como zona del conocimiento humano donde se articula esa relación sujeto-objeto y que ha dado pié a múltiples teorías y actitudes hacia la vida, tal y como hemos visto; o por el contrario, olvidándose de todo eso investiga dentro de su área (la psicología de la percepción) según unos métodos muy específicos. No cabe duda de que los logros han sido muchos y variados, que se han conseguido "ponderar" los límites de actuación de los sentidos, así como aclarar , contra las viejas teorías, muchos aspectos de la percepción, pero también es verdad que se ha convertido en la "teoría de lo óbvio" porque posiblemente su cometido ya ha sido cumplido.

La teoría es lo que nos dice lo que tenemos que observar (como nos diría Einstein), y los descubrimientos de los psicólogos de la percepción denotan el dilema planteado. El resultado ha sido evidente. No puede por si misma aclarar ningún punto de las cuestiones planteadas por los filósofos, si bien los primeros investigadores lo han dicho "casi todo". Weitheimer, Koffka, Toulees, Piaget...pioneros a la vez que "conclusivos" ya que después de ellos poco mas se ha dicho sobre el tema. La teoría de la percepción es la teoría de los "efectos perceptivos", de las pequeñas cosas marginales de nuestra basta y sorprendente percepción.

3.2.-CONSTANCIA DE COLOR

Como se ha dicho, la constancia del color es un efecto que denota la persistencia del objeto físico mas allá de la información que nos llegue a la retina.

Lo primero que hay que destacar es el hecho de que la constancia del color tiene al menos dos componentes diferenciados, tal como la "constancia de la brillantez" (o de la blancura, según Koffka...o de la claridad según Katz), y la "constancia del matiz".

Así, por constancia de la brillantez, se entiende, tal y como lo define Forgus, como la *"proporción que el objeto refleja de la luz que lo ilumina, en relación a la proporción de luz reflejada por objetos de comparación en el mismo ambiente"* (Forgus:1966 p.72). El matiz es uno de los atributos del color, y está relacionado con la longitud de onda (Kanizsa lo denomina "tonalidad").

3.2.1.-Antecedentes experimentales en los que se funda el concepto de constancia de blancura:

Cuando andamos por nuestro ambiente, la ciudad, la casa, el bosque, pasamos de lugares donde existe una gran intensidad de radiación a otros donde es mínima, casi marginal, pero que sin darnos cuenta, nuestra relación con los objetos es directa y sin dudas en cuanto a su

color, lo mismo que a su forma, tal y como hemos visto.

Si no hubiese existido, ya desde los comienzos, gente que observó ciertos fenómenos que parecían no corresponderse con lo que se ve o se toca, nunca hubiésemos dudado de nuestras percepciones. Incluso ahora que lo sabemos, la percepción no cambia, y nuestro comportamiento con las cosas se efectúa con total inmediatez. Solo cuando nos ponemos trascendentales lo recordamos... pero nunca existe un compromiso serio con lo que se cree u opina. Ese es el problema y el éxito de la percepción. Nuestras percepciones son totales...se sienten con una fuerza tan grande, que aquello que vemos, sentimos, oimos, es inmensamente "real". Lo que sentimos lo sentimos, eso no hay duda...¿de que naturaleza es entonces aquello de lo que debemos dudar?. Solo podemos acercarnos un poquito, y nada mejor que ver sus fundamentos:

Estos experimentos los he seleccionado dentro de la literatura al respecto, y constituyen la base empírica y conceptual de las teorías de la percepción. Posteriormente, en otros capítulos, incluiré los mas actuales, donde se vean, si las hay, nuevas alternativas.

Es evidente que los experimentos que serán descritos seguidamente, son una mínima parte de los efectuados al respecto, pero tienen el mérito de haber servido de paradigma conceptual a la hora de hablar, gestar, demostrar, etc, ideas o teorías sobre la percepción.

Como todo experimento, están realizados bajo condiciones poco habituales, o al menos, reduciendo variables para así aislar aquellos efectos que interesen al científico, además de la capacidad de poder reproducir cuantas veces se quiera algo que en la vida diaria ocurre marginalmente, o como es el caso de algunos, están siempre presente aún cuando no nos demos cuenta de ello.

Para enfrentarnos directamente con el problema de la constancia nada mejor que hacerlo con la figura nº 3.10, donde, sin necesidad de explicación alguna, se hace evidente que los círculos, cuyo gris es el mismo, se nos tornan diferentes a la percepción. Digamos que se da un efecto de "inconstancia", algo que nos acompañará a lo largo de todo este punto.

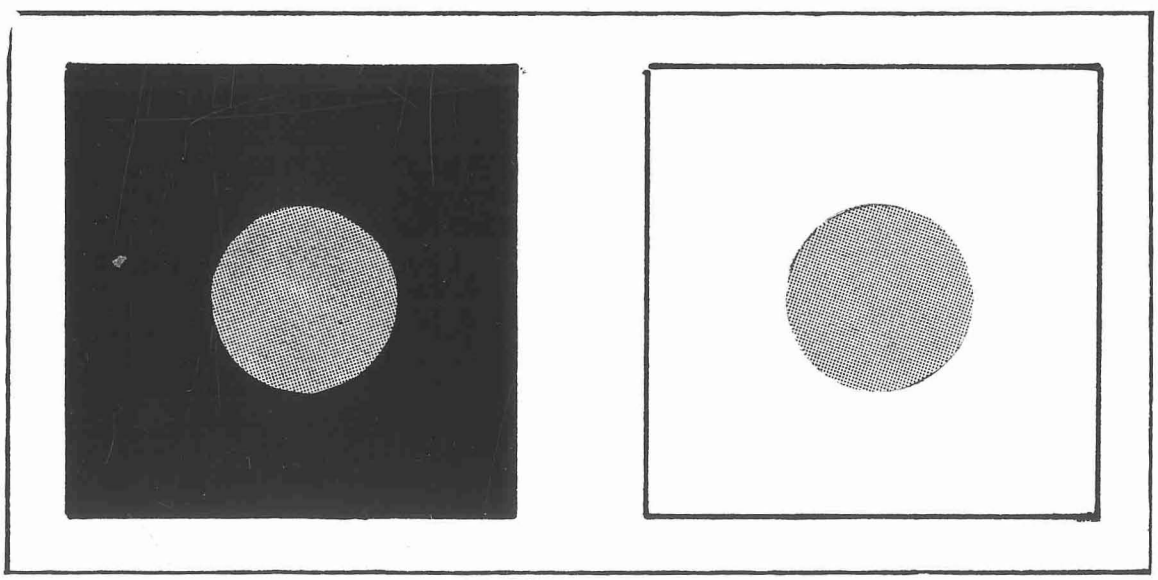


figura nº 3.10.- (elaboración propia)

Pero este efecto, uno de las mas clásicos, siempre ha sido explicado por medio de la teoría del contraste, con lo cual tendremos

otro elemento que nos acompañará a cada momento.

Ahora bien, esta hoja en la que escribo está iluminada por una lámpara amarillenta y yo la veo blanca. Esto constituye lo que se denomina constancia, y siempre ha sido explicada por la teoría de la acomodación. Así pues, tenemos que sumar otro nuevo compañero de viaje, la "acomodación". De esta manera no nos queda mas remedio que aclarar la metodología que se ha seguido para llegar a estas conclusiones, ademas de aclarar estos nuevos términos.

Metodología mas frecuente.-

Es casi general a todos los experimentos que se han efectuado para medir la constancia de la blancura (y de las demás) el siguiente esquema:

Se parte de un fenómeno parecido al de la figura nº 3.10 y se crean unas condiciones de aislamiento donde dicho efecto esté limpio de interferencias y ruidos que puedan modificar las respuestas de un sujeto o paciente sometido a la prueba.

Seguidamente se dispone un dispositivo con el cual poder manipular el color, la intensidad, el brillo, la transparencia, etc del objeto a estudio, de su entorno, etc. Lo mas normal, es utilizar focos de intensidad regulable y medidores de la intensidad de luz tanto emitida como reflejada para manipulaciones de la iluminación del ambiente.

Los proyectores sirven para lo mismo pero facilitan el iluminar zonas muy restringidas del campo, así como para la proyección de transparencias. Otro de los aparatos mas usados es el epistoscopio o el episcotisto, que al igual que los discos de Maxwell, esta compuesto por una rueda compuesta por aspas de distintos colores y que se puede hacer girar por medio de un motor.

El color se puede manipular cambiando la sección y el tamaño de las aspas que giran. Si entre aspa y aspa no se encuentra nada, es la forma de crear transparencias.

Esta capacidad para manipular a gusto las condiciones de los montajes experimentales es lo que hace posible que podamos, por ejemplo, modificar la blancura del disco "A" hasta igualarlo con el "B", y de esta forma, medida luego la cantidad de negro que hemos tenido que añadir al gris, saber el índice, porcentaje, etc del efecto, además de poder decir :para un incremento "x" de la intensidad del fondo, se da una disminución "y" del disco, etc.

Ahora bien, todos estos aparatos lo único que nos dan son porcentajes, números, estadísticas...pero no nos dicen directamente como se producen los efectos. Tenemos, por lo tanto que seguir conjeturando, mas objetivamente, pero conjeturando al fin. Esto lo veremos inmediatamente cuando hablemos sobre el contraste.

Relaciones de la blancura con el contraste. ¿que es el contraste?.

Simplemente, al efecto de la figura nº 3.10 se le denomina "contraste simultáneo de la claridad", que no es otra casa que el cambio de aspecto de un color dado, bajo la influencia o presencia de colores, de intensidades, tamaños, volúmenes, etc contrastantes dentro de su ambiente inmediato. Digamos, para no pecar de redundancia, que por un lado, el contraste está marcado por la capacidad discriminatoria del receptor que hace que distingamos distintos niveles de valor, atributos o individualidades, en principio subjetivas aunque probablemente relacionadas con invariables físicas (si podemos distinguir 7 000 000 de tonos diferenciados, vemos 7 000 000 de elementos contrastables en alguna dimensión del color). Otra cosa por la que está marcado el contraste es por el hecho de la capacidad de modificación que puede ejercer uno de esos 7 000 000 de tonos sobre otro). Por eso, una de las cosas de las que hay que comenzar a dudar es de la capacidad explicativa que puede tener el "contraste simultáneo", ya que esto es precisamente lo que hay que explicar. O sea, no podemos decir que "A" se ve mas claro que "B" porque en "A" el fondo es mas oscuro. Eso es perceptivamente evidente... lo que hay que preguntarse es porque se ve mas blanco cuando el contraste es mayor.

Este concepto se utiliza tanto para distinguir los contrastes de brillo como los de saturación o de tinte. La distinción entre unos y otros se basa, caso de la figura nº 3.10 en el brillo, siendo una de las razones que se barajan para que "A" sea mas oscuro al hecho de que *"en el fondo negro, el ojo es localmente menos sensible a un brillo mas bajo; se estima pues que la mancha gris es relativamente*

mas clara" (Gerritsen, 1976 p.131) que no son mas que "acomodaciones" del ojo.

La figura nº 3.11 muestra lo que se entiende por contraste simultáneo en cuanto saturación. Corrientemente se acepta que el ojo adaptado localmente al rojo, vea a éste menos saturado que al que se encuentra dentro del cyan ya que en este caso será menos sensible al cyan y mas sensible al rojo complementario.

En la misma figura nº 3.11 tenemos que la mancha cyan dentro de la roja, se nos muestra mas "azulada" (o debiera de hacerlo) y en resumidas cuentas eso es a lo que se denomina contraste simultáneo en cuanto tinte.

figura nº 3.11.- (elaboración propia)

Aunque estas explicaciones son "evidentes" solo son perceptivamente evidentes. Las apreciaciones teóricas no van mas allá de lo que se percibe directamente. No son explicaciones sino descripciones.

¿Es explicable la constancia de la blancura por la teoría del contraste?.-

Veremos que la relación entre contraste y blancura no puede existir mas que linguisticamente, ya que asociamos al contraste unos atributos que se encuentran a otro nivel que el de blancura.

Las investigaciones en las cuales la interpretación era de contraste se dirigieron mas exactamente a la constancia del brillo, o sea, a la constancia del cambio en la intensidad de la luz reflejada cuando no estaba acompasada con los cambios que se perciben subjetivamente en la brillantez. Entonces, o asociamos al término contraste los atributos del brillo o no hay forma de aclararnos, ya que si no, en términos vulgares podemos decir que contraste es una "percepción" siempre de algo, o sea, de la intensidad, de la blancura, del tinte, etc, tal y como nos expresábamos mas arriba, a través del cual no podemos explicar nada. Veamos algunos ejemplos.

Experimento de Katz (I).-(1911)

Katz parte de dos discos de Maxwell (ver glosario) de tal manera que los dispone según la figura nº 3.11, donde un observador los mira

de frente.

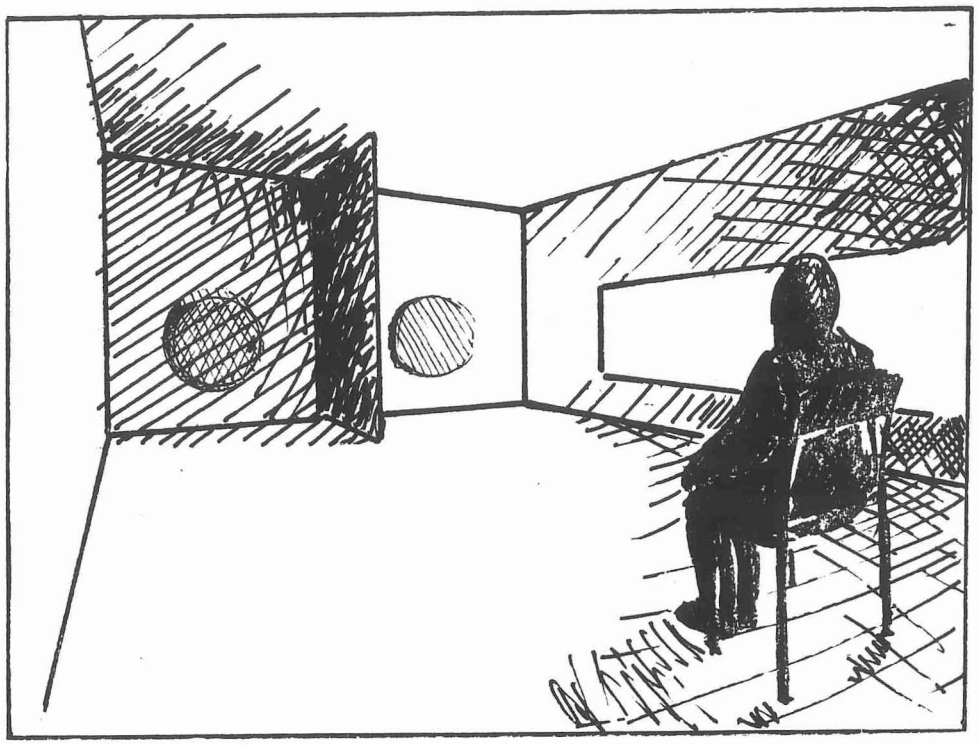


figura nº 3.12.- interpretación propia siguiendo las descripciones de los textos (exp. de Katz)

La luz natural que ilumina la distribución proviene de una ventana situada a la derecha y un tabique opaco situado en el medio deja en sombra a la zona de la izquierda. El observador verá que el disco de la izquierda está sumido en la oscuridad o en la sombra proyectada por el tabique, mientras el otro recibe gran cantidad de luz natural proveniente de la ventana.

Los dos discos son iguales ya que los sectores blanco-negro eran

de la misma cantidad y sección, pero el que se encuentra en la sombra reflejará menos luz que el de la derecha, y por lo tanto aparentara menos claro. Esta diferencia de claridad se puede medir si utilizamos discos con sectores variables para poder igualar fenomenalmente los dos discos a la vez. Katz puso a cero el sector negro del disco en sombra y de esta manera, solo gira el sector blanco de 360º. El observador tiene que regular la amplitud del sector negro del disco de la derecha hasta que le parezca que los dos discos tienen la misma claridad aparente. La cantidad de negro necesario para que se de esta igualdad fenomenica, será la medida de oscurecimiento del disco en sombra, medida en grados angulares.

Según los datos de los experimentos, tenemos:

disco izquierdo	disco derecho
360º de blanco	115º de blanco
0º de negro	245º de negro

Pero estas cantidades que relacionan a los dos discos, en porcentajes de blanco y negro, no se corresponden con la relación de intensidad física de la luz reflejada por un disco y por el otro.

Si se utiliza una pantalla de reducción (ver glosario) el disco que se encuentra en sombra, es mucho mas oscuro de lo que aparentaba ser. Así, si hacemos que los dos discos sean iguales a través de la pantalla de reducción, tenemos que aumentar la proporción de negro del disco de la derecha, o sea, alcanzar algo así como 356º de negro y un

4º de blanco. Si quitamos la pantalla de reducción, el de la izquierda aparentará mucho mas blanco que el de la derecha.

Katz continuó manipulando el montaje experimental, pasando seguidamente a incluir el tiempo como factor perceptivo. En vez de dejar que el observador se fijase bien, o todo lo que necesitase, en los discos, a través de un dispositivo, hacía que no fuesen superiores a dos segundos. A medida que que disminuía la observación, de 1.7, 1.1 y menos de 1 segundo, había una disminución en la proporción de blancura percibida.

Con tiempos tan marginales como 0.0017 segundos, en los cuales es casi imposible ver el disco en la sombra, la proporción de blanco fue sensiblemente mas alta que con la presencia de la pantalla de reducción. Todavía había constancia.(en Kanizsa, 1980, p.166-167; Forgus 1966, p.77-78).

Experimentos de Kardos y McLeond (1934 y 1932)

Fueron realizados por uno y por otro, independientemente y sin conocerse entre ellos. Básicamente es el siguiente:

En una disposición igual a las anteriores, se proyecta un haz de luz sobre el disco de la derecha que es de color blanco. Pero se hace que dicho disco reciba una sombra que coincida con sus límites.

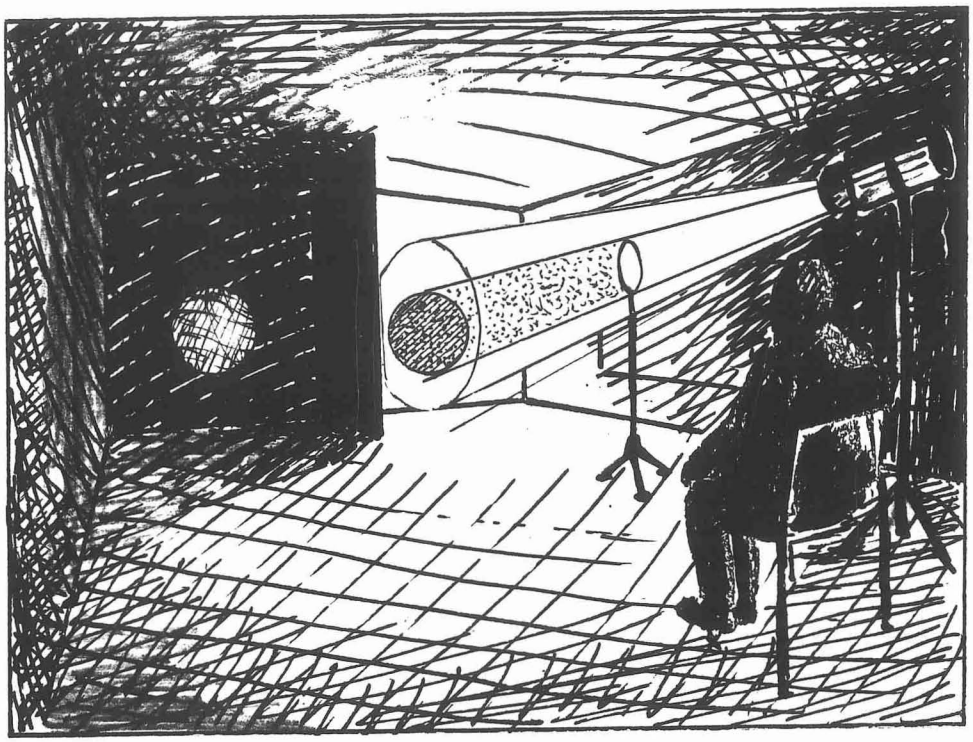


figura nº 3.13.-interpretación propia siguiendo las descripciones de los textos (exp. de Kardos y McLeod).

Por el contrario, el disco de la izquierda se encontraba en una penumbra general.

De esta forma el disco blanco de la derecha parece negro. Si se desplaza un poco el haz de luz de manera que parte del disco sea iluminado, súbitamente aparecerá blanco, tal y como es de esperar (ver mas adelante el experimento de Kardos: 1934).

Si el observador iguala cuantitativamente los dos albedos, por medio de discos Maxwell, el disco de la derecha en la penumbra, tiene menos blanco cuando la sombra circunscribe el disco de la izquierda,

que cuando se desplaza un poco, viéndose blanco.(en Forgus,1966 p.85)

Veamos lo que nos aportan estos dos primeros experimentos. El de Katz es el mas conocido y utilizado por los psicólogos de la percepción. Su montaje, si se mira a través de una pantalla de reducción no hay constancia, cosa que tiene su justificación en el hecho de que lo que llega al ojo es una realidad "muy diferente" ya que los gradientes con y sin pantalla son totalmente diferentes.

A nosotros lo que nos importa es saber que las consecuencias que ha sacado Katz de todo ello se resumen en el hecho de que el color del disco que se encuentra en la sombra lo vemos mas claro por contraste con el fondo tan negro.

Otra cosa muy importante que hay que destacar es el hecho de que Katz ve en ello la tendencia de nuestro sistema perceptivo de ver aquellos objetos que se encuentran en situaciones no-naturales como tendrían que ser en una situación normal. En esto se fundamentaría la constancia. Por esa causa, el disco iluminado con luz natural (solar) no sufre cambios y siempre se denota con su color verdadero. Esto es a lo que Thouless denomina "regresión hacia el objeto real", tal y como hemos hecho mención en otro lugar.

Vemos, por el contrario, que tal experimento dio pie para formular dos tipos de cuestiones. Una, por las modificaciones de Jaensch y Müller, y otra por las de Gelb.

Experimento de Jaensch y Müller(I)

En una disposición espacial igual que la empleada por Katz en el experimento anterior (ver figura nº c-10), Jaensch y Müller dispusieron dos círculos de tal manera que su color visto por una pantalla de reducción fuese el mismo. Que la luz reflejada por el disco izquierdo fuese igual a la reflejada por el derecho.

El disco derecho (fuertemente iluminado con luz natural) debe tener un albedo inferior al que está en la oscuridad para compensar la mayor cantidad de luz que recibe. De esta manera, el sujeto verá que el disco iluminado es mas oscuro que el que se encuentra en sombra.

Como los efectos de este experimento pueden ser explicados por las teorías clásicas, los científicos pensaron en un segundo experimento:

Experimento de Jaensch y Müller(II)

Igual que el anterior, pero en vez de utilizar un fondo uniforme, emplearon dos fondos diferentes, uno mas oscuro sobre el lado derecho y otro mas blanco sobre el izquierdo.En estas circunstancias podemos hacer que la radiación que llega a nuestros ojos sea la misma provenga de la derecha como de la izquierda. Estamos, por lo tanto, ante un ejemplo típico en el cual tanto la radiación de los discos,

como el de su entorno son iguales, y que debiéramos de verlos, por esta circunstancia, y siguiendo la teoría del contraste, exactamente iguales.

Por el contrario, fenomenalmente, los vemos tan distintos como en el experimento anterior, donde el fondo era igual (descrito por Koffka: 1935, p.294)

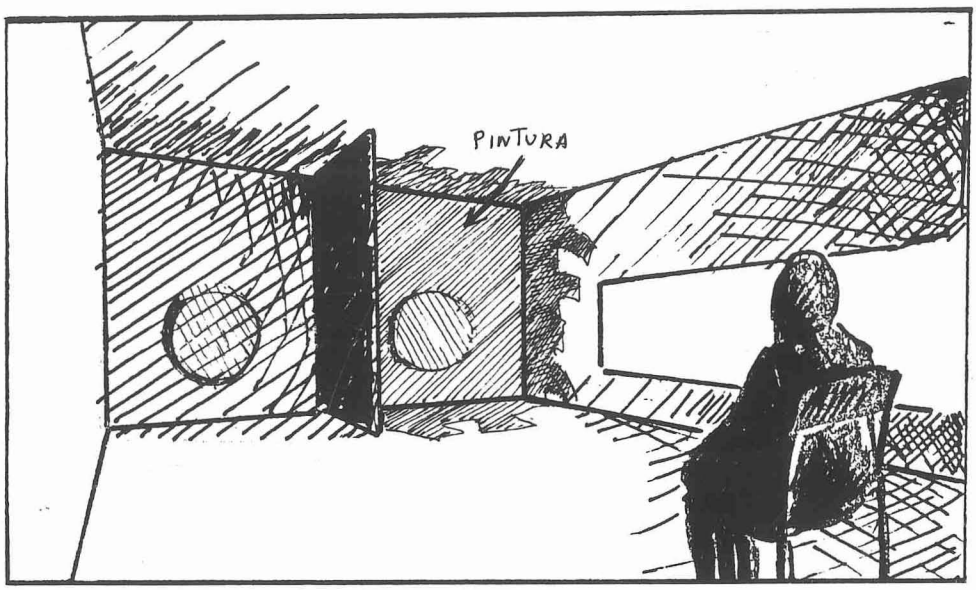


figura nº 3.14.- interpretación propia siguiendo las descripciones de los textos (exps. de Jaensch y Müller)

Experimento de Gelb (II):

Gelb hace modificaciones en el experimento de Katz. Coloca una pared delante de la ventana, de forma que a excepción del disco derecho, que está fuertemente iluminado con luz natural, el resto del montaje experimental se encuentra en penumbra, incluso el propio

observador.

Seguidamente se igualan los dos discos con una pantalla de reducción. Luego se retira dicha pantalla y se observa. Al contrario que con Katz, el disco iluminado se ve mas oscuro que el que se encuentra en la penumbra, ya que éste último se ve casi blanco.(Kanizsa, 1980 p.168)

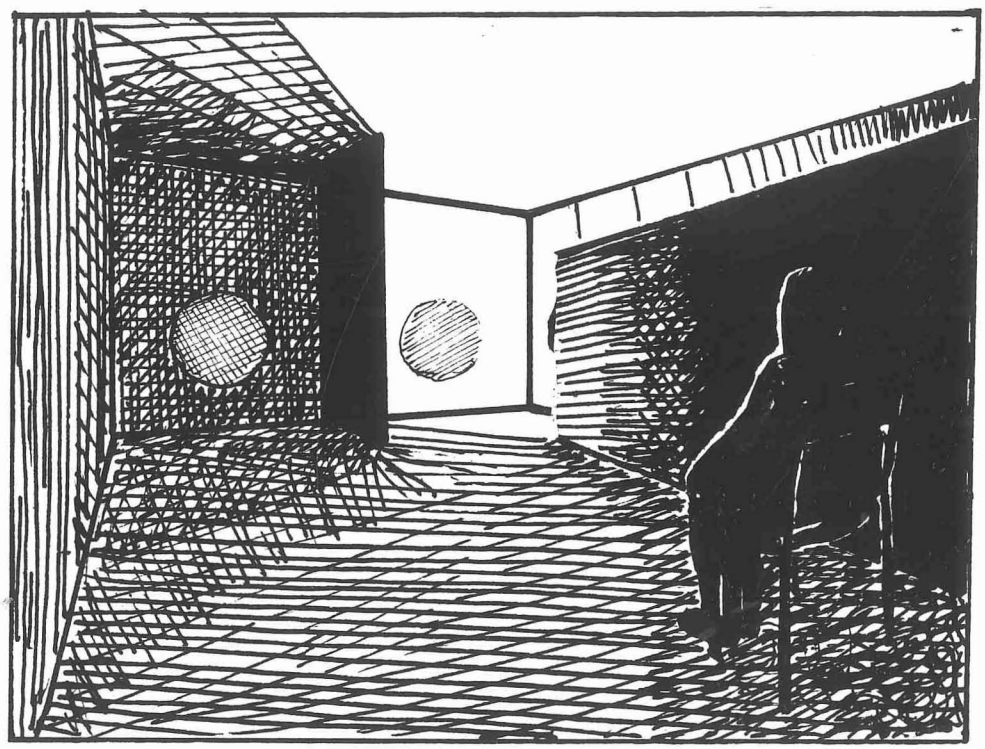


figura nº 3.15.- interpretación propia siguiendo las descripciones de los textos (exp. de Gelb).

La de Jaensch y Müller (II), van encaminadas a demostrar que estos efectos son inexplicables por la teoría clásica del contraste, o sea, en un primer experimento (I) los resultados son contrarios a los de

Katz, ya que el disco iluminado se oscurece en visión sin pantalla de reducción. Pero este efecto puede ser explicado por la teoría de contraste ya que es lógico que así sea: el disco blanco iluminado tiene un fondo mucho mas brillante que el que se encuentra en sombra, y por lo tanto tiene que verse mas oscuro. Así que en (II) al pintar el fondo de tal forma que a la retina lleguen los mismos estímulos (círculos y sus áreas adyacentes)... no hay "contraste" que justifique tal efecto, ya que se siguen viendo igual de diferentes. Koffka ha hecho un estudio de este experimento afirmando que es explicable por las relaciones entre los desniveles de iluminación de las superficies. (ver Koffka, 1935 p.295)

NOTA 3.9.- la constancia de la brillantez no es explicable por la teoría del contraste.

Gelb, por el contrario, cambiando un poco las condiciones del experimento de Gelb, a parte de aclarar lo mismo que Müller, lo que realmente constata es que el disco que cambia ostensiblemente es el que está, precisamente, iluminado con la luz "natural". Aquí el problema viene dado por poner el énfasis, no en si es o no es explicable por el contraste, sino en el concepto de "natural"

Lo natural se torna tan quebradizo, cambiante o efímero como lo "marginal", o existente en condiciones tales como "en sombra", "en penumbra, etc. Quizás hoy, con muchos años entre medio, nos parezca absurda esta guerra sorda entre teóricos. Hay que pensar, en cambio, que no es solo el concepto de natural lo que ello implica, sino todo

lo que trae detrás de sí. Trae una visión de la percepción como algo tan consciente como que la constancia de la brillantez sea un proceso o transformación de "*procesos cromáticos fisiológicos "inferiores" por parte de factores centrales "superiores" (experiencia pasada, inferencia) que los debieran modificar, corregir, reorganizar y darles un sentido*" tal y como nos lo recuerda Kanizsa (Kanizsa: 1980 p.169).

Ahora bien, la profundización sobre aspectos concretos de la constancia, comienzan a darse con Wallach, Galloway, MacLeod, Heinemann, Hambacher, etc...siendo el método empleado por Wallach el mas copiado de todos. Este redunda también en los fenómenos del contraste entre superficies de distinta brillantez. Y se realiza a base de proyectores de luz, pudiendose manipular la intensidad de la luz facilmente.

Experimento de Wallach (I) (1948)

En una habitación totalmente oscura se instalan dos proyectores de forma que uno proyecte la imagen de un anillo de luz sobre una pantalla blanca. El otro proyector emite un circulo inscrito en el primero, tal y como se puede ver en la figura nº 3.16. Mediante resistencias graduadas o por el uso de un episcotister se puede manipular la intensidad luminosa reflejada por cada una de las distintas zonas.

Wallach mantuvo constante la intensidad de la luz que se refleja del disco, no así la del anillo de luz, haciéndolo variar dentro de

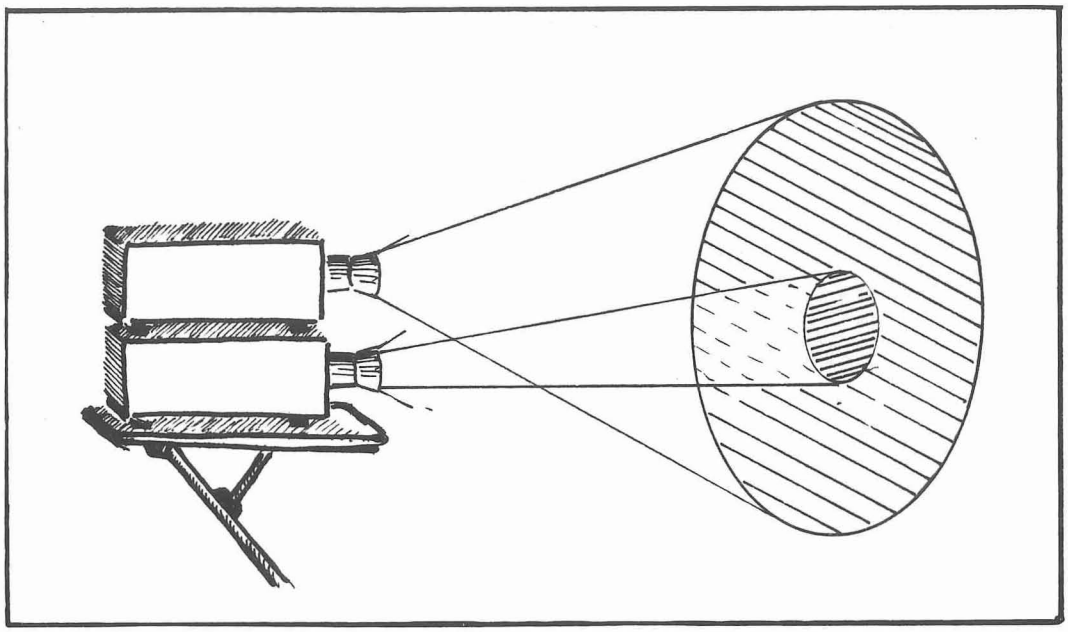


figura nº 3.16.-interpretación propia siguiendo las descripciones de los textos (exp. de Wallach).

límites muy amplios de intensidad. De esta manera, se hace pasar al disco desde el blanco intenso y por todos los grises, hasta llegar a un gris muy oscuro cercano al negro. O sea, cuando el disco se torna negro es que el anillo se hace muy intenso, casi blanco. Si se va disminuyendo la intensidad del anillo (se va pasando de blanco a negro) el disco paulatinamente va pasando de negro a blanco.

Se puede hacer que sea el anillo el que mantenga constante la intensidad, pero los resultados son los mismos.

Experimento de Wallace (II) (1940)

Wallach, duplicó el dispositivo experimental de 3.16. Para ello se valió de cuatro proyectores, los cuales emitían cuatro anillos, o lo que es lo mismo, dos pares de anillos, como se expone en la figura nº 3.17. Lo mismo que en el experimento anterior, la intensidad de las proyecciones pueden manipularse independientemente con resistencias o con cuatro episcotister.

De esta manera Wallach pudo comparar o confrontar simultaneamente las intensidades de los discos y los anillos según múltiples combinaciones. El método usado por Wallach en la primera prueba es el siguiente:

anillo 1- máxima intensidad posible del proyector
circulo 1- justo la intensidad media del anillo 1. Lo conseguía haciendo pasar la luz a través de un episcotíster con una apertura angular de 180º.
anillo 2- un octavo de la intensidad máxima, utilizando un episcotíster con una apertura de 45º.
circulo 2- ahora, utilizando otro episcotíster de apertura variable, el sujeto tenía que regular la intesidad de este círculo, de manera que su claridad aparente fuese igual a la del disco 1.

Los resultados (24º2'), sorprendentemente, eran muy parecidos a los teóricos que se debían de esperar, en base a la ecuación siguiente:

A:B=A1:B1, o sea, 22º5'

360º : 180º = 45º : X ; X=22º5'

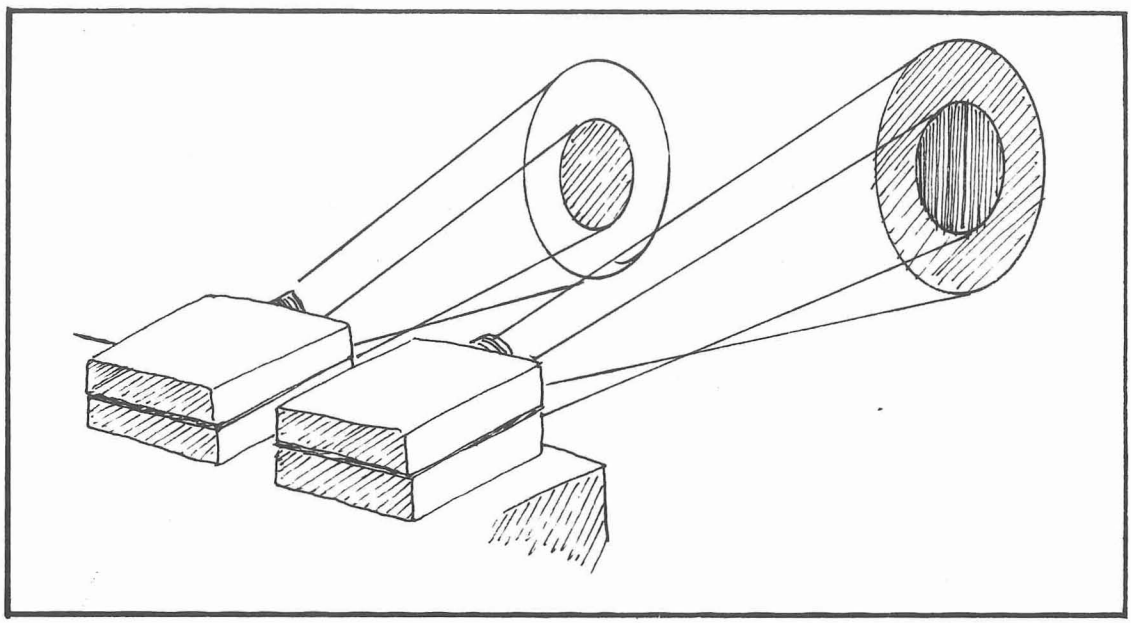


figura nº 3.17.- interpretación propia siguiendo las descripciones de los textos (exp. de Wallach)

Cambiando las relaciones de intensidad, los resultados son similares. (ver Kanizsa, 1980 p.175 y siguientes).

Del primer montaje con proyectores se deduce que el gris que se ve es independiente de la intensidad del estímulo y color percibido.. pero, en realidad es un aspecto de la situación estimulante que permanece sin cambio cuando cambia la estimulacion. Wallach parte del presupuesto de que son las relaciones entre las intensidades de las luces reflejadas lo que es constante. Cuando se cambia la intensidad de la iluminación general, ..."*si las claridades fenoménicas dependen de las relaciones entre las intensidades de las luces reflejadas, debieran permanecer sin cambio cuando dos o mas superficies son presentadas con diferentes iluminaciónes: se tendría constancia de claridad. Y esa constancia encontraría su explicación en el proceso mismo por el cual*

se constituyen los "colores de superficie", sin que ya nos sea necesario recurrir a los colores "verdaderos", a la iluminacion "normal" y a los razonamientos "inconscientes" (Kanizsa: 1980 p.174).

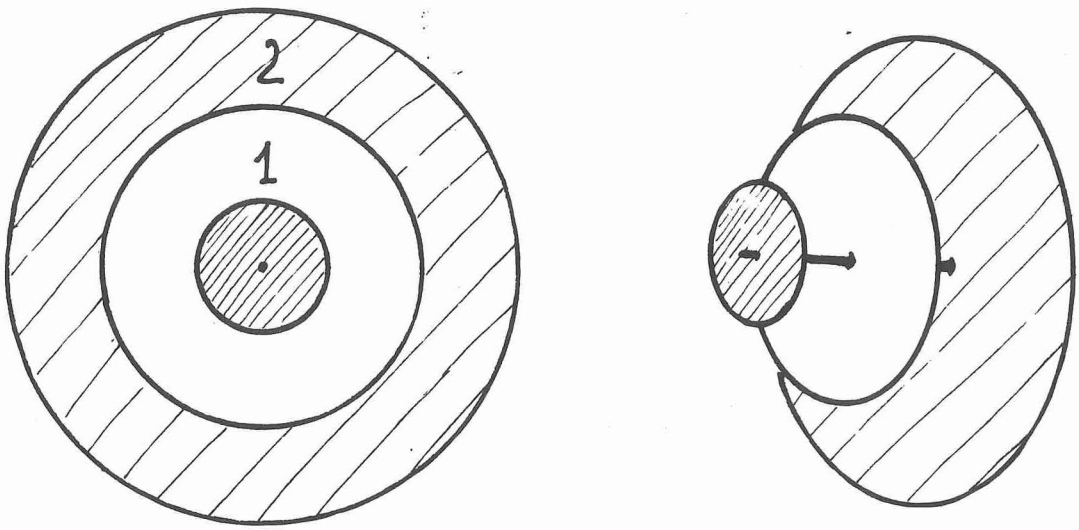


figura nº 3.18.- interpretación propia siguiendo las descripciones de los textos (experimento de MacLeod).

Experimento de MacLeod (II) (1947)

Según se muestra en la figura nº 3.18, MacLeod, con la intención de investigar la influencia de la magnitud de los gradientes de brillantez entre el objeto y su contorno, en la constancia de la blancura percibida, dispuso de dos ruedas de color, detrás de un disco gris neutral.

La brillantez de 2 se mantuvo constante mientras la de 1 fue cambiándose gradualmente de un nivel parecido al del disco hasta alcanzar el de 2. Aquí se mantuvo la constancia de la blancura.

Si el paso en vez de ser gradual, se hace que sobrepase el del 2, la constancia de la blancura disminuye significativamente. Lo cual demuestra que cuando son muy grandes los cambios de la brillantez entre el objeto y el fondo, intervienen efectos de contraste que reducen la constancia (Forgus, 1966 p.92).

En este segundo experimento afirma la hipótesis ya que evidencia que el gris fenoménico (tonalidad acromática) de una superficie depende no de la intensidad absoluta de la estimulación local, sino del sistema de relaciones entre las intensidades de las luces reflejadas de por lo menos dos superficies contiguas. Las constancias nunca serían totales, sino aproximadas, ya que siempre, en condiciones normales, hay mas de dos zonas con diferente intensidad en mutua interacción.

NOTA 3.10.- Cuando se aumenta o disminuye la intensidad de la luz permanecen constantes las relaciones entre las intensidades.

Ahora bien, tanto Wallach como Galloway (coautor de los experimentos) conjeturaron esto basándose en algo que nosotros ya habíamos descartado= la teoría del contraste como explicativa del fenómeno de

constancia. Cuando un anillo aumenta su intensidad (su contraste) el disco oscurece (a causa del contraste). Pero lo que realmente demostraron Wallach y Galloway (ya que esto último no dio mucho de si, tal y como se vera mas abajo) es que el contraste de brillantez y el contraste del color afectan al color percibido. Aunque no son condiciones necesarias ni suficientes para la percepción de la constancia (tal y como opina Forgus: 1966 p.91)

A partir de aquí hay que hacer notar que todas las precauciones son pocas cuando se habla de percepción. Estamos viendo que cada vez mas se complica la cosa. Ahora resulta que hay mas factores y variables a tomar en cuenta cuando hablamos de la constancia. El problema es que desconocemos cuales.

MacLeod investigó, dentro de la constancia de la blancura, el efecto de los contornos en relación con los gradientes de brillantez del objeto. Constató que los efectos de contraste reducen la constancia, no así con un cambio gradual de la brillantez entre un objeto y su fondo, o sea, un contraste gradual (valga la redundancia si en algo aclara lo confuso).

Aquí no acaba la cosa. El estímulo que llega a los dos ojos pueden interrelacionarse entre sí (al menos esta es la sospecha de Diamond), con lo cual sería otro factor a tomar en cuenta en lo que respecta a nuevas variables. Los trabajos de Heinemann van dirigidos a este propósito y sus resultados son difíciles de resumir y evaluar. Por un lado, parecen resultados producto de caprichos de la naturaleza y por

el otro, esta característica hace que no se encuentren razones lo suficientemente lógicas que respondan a todos sus efectos a la vez (por eso parecen caprichosos, no por otra cosa). Por ejemplo : si aumentamos "gradualmente" la luminancia del campo de inducción, la brillantez del campo de prueba empieza a reducirse antes de que alcance el primero la luminancia del segundo. Pero esto contradice el hecho, también experimental y constatable, de que si el campo de inducción tiene menos luminancia que el de prueba, este último aumenta su brillo...además unas veces hay bastante cambio, otras ligeros y a veces ninguno...con lo cual es evidente que existen factores desconocidos (superficie, distancia, volumen..etc) que operan o influyen en la constancia, o en la percepción del color que al fin de cuentas es lo mismo.

Experimento de Heinemann (1955)

Basándose en Diamond, que opina que los estudios llevados sobre el contraste no se podían evaluar, ya que el estímulo era presentado a los dos ojos, lo cual quiere decir que hay que contar con nuevos datos de la interacción entre ellos...Heinemann dispuso de dos patrones distintos para cada ojo, tal y como se ve en la figura nº 3.19.

El sujeto tiene que manipular P y tiene que intentar que se parezca a C mientras cambian I2 e I1.

Con este método se hicieron múltiples experimentos y variaciones, pero básicamente es lo mencionado. Los resultados fueron bastante complejos y dispares, así como la constatación de que las relaciones de contraste estaban regidos por muchos factores y variables que posiblemente estuviesen fuera de la retina. Para una información mas

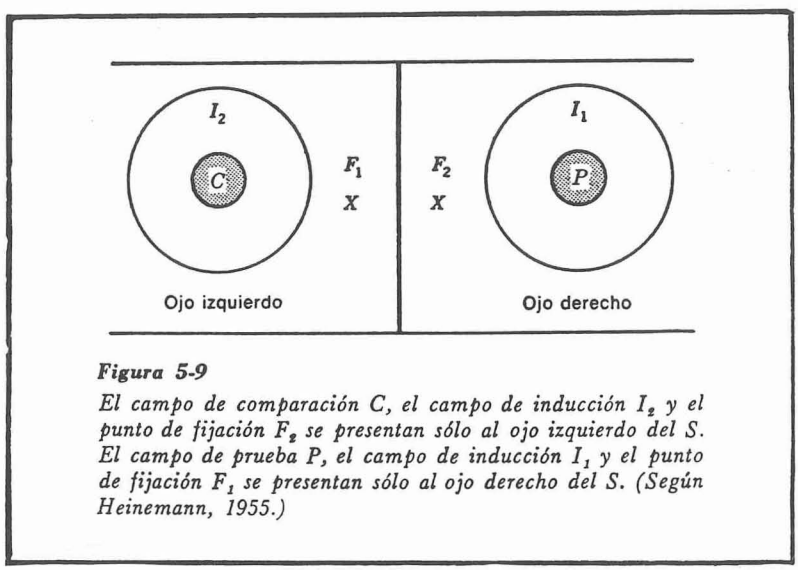


Figura 5-9
El campo de comparación C, el campo de inducción I_2 y el punto de fijación F_2 se presentan sólo al ojo izquierdo del S. El campo de prueba P, el campo de inducción I_1 y el punto de fijación F_1 se presentan sólo al ojo derecho del S. (Según Heinemann, 1955.)

figura nº 3.19.- (en Forgus: 1966 p.94)

exhaustiva ver Forgus: 1966 p.93-94 o Heinemann 1955 (yo no he podido encontrar este articulo= Simultaneous brightness induction as a functon of inducing-and-test-field brightness. J. Exp. Psychol., 1955, 50, 89-96).

Según Forgus, lo que parece que quedó un poco mas claro es que hay tres puntos que parecen plausibles = si la luminancia periférica es

mayor, si las diferencias entre ellas son marcadas o si hay un estrecho contacto entre los dos campos, el efecto de la luminancia periférica sobre el objeto es mucho mas acentuado (ver Forgus, 1966 p. 94)

Experimento de Hameson y L.M. Hurvich.-

Dispusieron espacialmente las áreas de color acromático según la figura nº 3.20. En dicho modelo, el área de mayor luminancia estaba situada en el centro, a la vez que el albedo de las otras áreas iban disminuyendo según el sentido antihorario.

La luminancia general se podía variar y se hacia que fuese cambiando tres pasos cada vez y de forma creciente. El sujeto tenia que igualar los grises de estas áreas con un patrón variable. Los resultados demuestran que el brillo juzgado de un área no está determinado solamente por el del fondo, sino que tienen que existir otras razones mas poderosas, ya que coda área del experimento tuvo unos resultados diferentes. La 1, 2 y 3 tuvieron una estimación que se encontraba entre la que se podía dar según la estimulación retinal, y la que se podía dar si hubiese total constancia. En el caso de 4 y 5 las estimaciones fueron igual a la de constancia pura, en un caso y a una supraconstancia en el otro. (ver R. H. Day 1969 p.136-137)

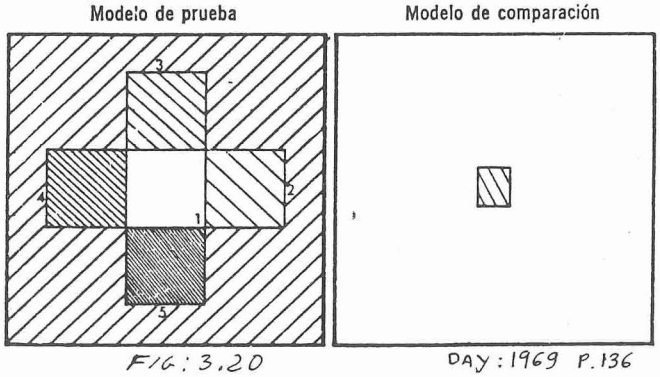


FIG: 3.20 DAY: 1969 P.136

Experimento de Hambacher (1956)

Es lo mismo que el experimento de Wallach, pero éste último trató los efectos de contraste sin relacionarlos con el albedo. Hambacher vario los albedos de los discos, utilizando superposiciones de discos blancos y negros.

La gran diferencia es que los datos de Wallach y Hambacher difieren ostensiblemente. Las relaciones de blancura percibida y la potencia reflectora o albedo no es lineal. Es el albedo la propiedad constante del objeto.(Forgus 1966 p.94-96)

Hambacher, en otra dimensión del problema, ha demostrando la poca linealidad o simetría de la brillantez percibida con respecto a los albedos del objeto. Para Hambacher lo auténticamente invariable pasa por "razones de blancura" y no de brillantez, además de advertir que blancura y albedo no son lineales.

Así, según el esquema mostrado mas abajo, a una lista de albedos le corresponden otra de blancura. Se debe a Newhall y colaboradores (extraida de Forgus, 1966 p.96)

BLANCURA	REFLECTANCIA
0.0	0.00
1.0	0.01
2.0	0.03
3.0	0.06
4.0	0.12
5.0	0.19
6.0	0.29
7.0	0.42
8.0	0.58
9.0	0.77
9.5	0.88
10.0	1.00

Como se verá, esto toma otro cariz. Hasta ahora hemos identificado mas o menos, sin ningún rigor a la blancura, brillantez y claridad como una misma cosa.

El problema es sencillo, aunque tremendamente confuso por el mal uso que se han hecho de esos términos, y por su vulgarización.

Desde un principio se han distinguido dos dimensiones de la constancia del color: una que hace referencia a su matiz (lo rojo, lo verde, lo azul, etc) y otra a su nivel de "gris", para entendernos. Pero este último a su vez puede estar subdividido en otros dos aspectos. para Thouless uno de ellos era el "brillo", el cual es adoptado por Koffka y muchos otros, y el otro el de "blancura", denominación procedente de Koffka.

Pero el par blancura-brillo (Koffka, 1935 p.287) es utilizado por otros como blancura-claridad (Kanizsa, 1980 p.177) o claridad-brillo (R. H. Day, 1969), con lo cual el término claridad tiene dos signifi-

cados distintos. Se complica un poco por el hecho también frecuente de denominar a esta constancia, indistintamente, "constancia de la brillantez" constancia de la blancura" y constancia de la claridad". Pero quizás lo mas lógico es denominar (siguiendo las recomendaciones de Koffka) a la constancia como "constancia de la blancura" por lo que se verá seguidamente.

Pero este juego de palabras tiene en su substrato un origen muy sencillo: si cogemos una lámina blanca o gris y nos desplazarmos con ella de una habitación a otra, vemos que aunque tiene variaciones, proporcionales a la luz que encontremos en cada lugar (brillo), nosotros seguimos viéndola blanca (blancura). O lo que es lo mismo, la blancura fluctúa en unas coordenadas Blanco-Negro y el brillo en otras de Oscuro-Claro. Pero, y así conectamos con lo que hemos dejado mas arriba, estos ejes coordenados no son simétricos, o sea, que mientras solo podemos distinguir un número muy pequeño de relaciones de "blancura" (entre uno y sesenta), el brillo puede proporcionarnos hasta cientos de miles de estados diferentes. He aquí una de las razones de la constancia. Son precisamente estas "razones de blancura" a las que se refería Hambacher. La blancura es sinónimo de reflectancia aparente, que tal y como nos recuerdan Hambacher, tampoco son simétricos, pero mucho mas que el brillo. El albedo es lo único invariable del objeto.

Son precisamente estas asimetrías las que hacen que ocurran efectos desconcertantes, ya que aunque asimétricas son interdependientes. Por ejemplo:

Sean A y B dos objetos físicos, y A' y B' sus perceptos. Si llamamos $\mu_{bla'}$ y $\mu_{brA'}$ a las partes de A' causadas por el albedo del objeto y la intensidad de luz reflejada, tenemos que:

si A=B y A'≠B'

entonces si $\mu_{bla'}=\mu_{blb'}$, entonces $\mu_{brA'}\neq\mu_{brb'}$

si $\mu_{brA'}=\mu_{brb'}$, entonces $\mu_{bla'}\neq\mu_{blb'}$

...que es uno de los efectos mas repetidos.

Creo que ha quedado claro el hecho de que la blancura y el brillo son dos fenómenos distintos, si bien tienen de común la energía reflejada por el objeto. También ha quedado claro que el contraste afecta a la constancia, o lo que es lo mismo, que el brillo, a veces merma la percepción de constancia de blancura, pero que dicha constancia nada tiene que ver con el contraste, sino con los albedos, que eso sí, están mas cerca del mundo físico, que diferencias subjetivas de intensidad electromagnética.

Factores de constancia e inconstancia.-

Ya hemos indicado que lo mismo que hay momentos en los cuales un color mantiene su matiz, su brillo o su blancura, hay otros en los cuales, por el contrario, muestra grandes cambios en cualquiera de sus atributos del color.

Existen ciertas condiciones, algunas de las cuales ya hemos visto,

que se caracterizan por producir inconstancias, además de una forma mucho mas coercitiva que las constancias. Forgus enumera seis de ellas, si bien no todas tienen el mismo nivel dentro del efecto.

1- El método del punto de sombra
2-sombras no reconocidas
3-métodos de la sombra inumbral
4-episcotistro
5-pantalla de reducción
6-iluminación oculta

Evidentemente, los tres primeros son una misma cosa. El método del punto de sombra hace referencia al experimento de Hering (ver mas adelante) y tanto las sombras no reconocidas como los métodos de la sombra inumbral tienen un mismo principio y se basa en que la sombra deja de ser sombra para convertirse en un objeto íntegro, se confunde lo que es un borde de iluminación con un borde del objeto (ver "distinción entre bordes de reflectancia y bordes de iluminación", mas adelante. El cuarto es un aparato, como ya sabemos, creado para falsear la realidad, o sea, que un disco con unas aberturas de 10º girando rápidamente no deja pasar a través de él toda la cantidad de luz que le llega, hará por lo tanto de filtro. Así, un objeto que refleje el 100x100 de luz (blanco) se verá sólo con un 80x100.

Los efectos de la pantalla de reducción ya los conocemos y la iluminación es otra de las formas, tal y como se verá a continuación, con lo que podemos reproducir condiciones marginales para la visión.

Experimento de Gelb (I):

Gelb, en 1929 (Forgus:1966 p.74 ; Koffka: 1935 p.290; Kanizsa: 1980 p.170), dispone el experimento de la manera en que indico en la figura nº c-3, de tal forma que el sujeto no vea el foco que ilumina un disco negro. En estas condiciones el círculo se percibe blanco. Si en ese momento introducimos un objeto blanco de suerte que esté cercano al círculo y se interponga con el foco, el círculo pasará de blanco a negro instantaneamente. De esta manera, se produce una correspondencia con la realidad física ya que se ve como un disco negro fuertemente iluminado.

Hay que precisar que el conocimiento del suceso, incluso dejando ver el foco, no cambian los resultados del efecto. También hay que hacer notar que en "a" no hay constancia, y en "b" si.

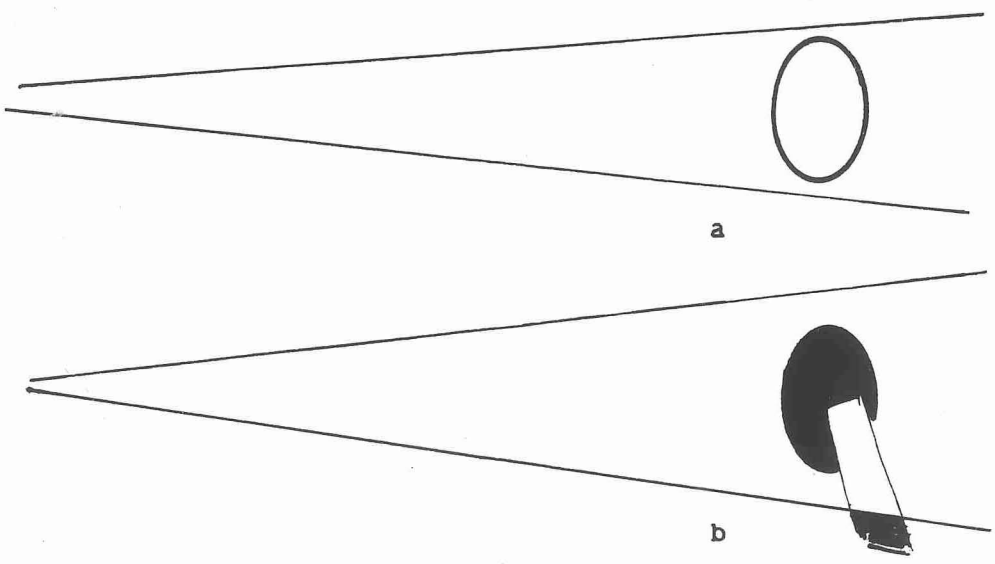


figura 3.21.- interpretación según texto (exp. de Gelb)

Está claro que se está dando un caso de la inconstancia absoluta. Algo que es negro se ve blanco. Luego con la introducción de un objeto blanco, se da la constancia. Pero por mucho que sepamos que el círculo es negro, en la primera parte lo seguimos viendo negro, como todos los efectos de todos los experimentos descritos hasta ahóra ... la experiencia no modifica los resultados experimentales. Se que en esta afirmación hay problemas de todo tipo. Por un lado reafirma la idea ya comentada de que no hay colores "verdaderos" hacia los que tienda la percepción cuando lo real no está iluminada de forma "natural". Por otro lado me entran dudas. Ya se que ni consciente ni inconscientemente hacemos inferencias sobre estos sucesos tan primitivos, pero también dudo de que sean innatos. Si recordamos la segunda parte de este trabajo, lo aprendido modifica los sistemas neurales de tal forma que aparentan innatos. En otro lugar se discutirán estas cosas. De momento solo expreso mis dudas aun cuando no se como argumentarlo. Diremos pues:

NOTA 3.11.- Lo mismo que existe constancia se constata una inconstancia de la brillantez.

NOTA 3.12.- El conocimiento previo de las condiciones experimentales no alteran los resultados de los experimentos relacionados con la constancia e inconstancia de la blancura, pero de ello no se infiere que dichos resultados sean innatos

Hay algo mas, Koffka (en Koffka (I) y (II)) demuestra que esos efectos (de inconstancia) se pueden explicar por el método del GRADIENTE. En el primer experimento, la relación entre el círculo (que era negro pero fuertemente iluminado) y el fondo (que también es negro), es del orden 1:60, que es en definitiva la máxima diferencia que existe entre un blanco y un negro. Esto demuestra la blancura del negro iluminado, independientemente del color que se encuentre en el círculo.

Experimento de Koffka (I):

Fue hecho conjuntamente con Harrower, y se basó en el de Gelb tal y como se ve en la fig. nº 3.22. La única diferencia es que lo realizó con albedos diferentes según el razonamiento siguiente:

A= habitación oscura
B= disco negro brillantemente iluminado
C= tira de papel blanco

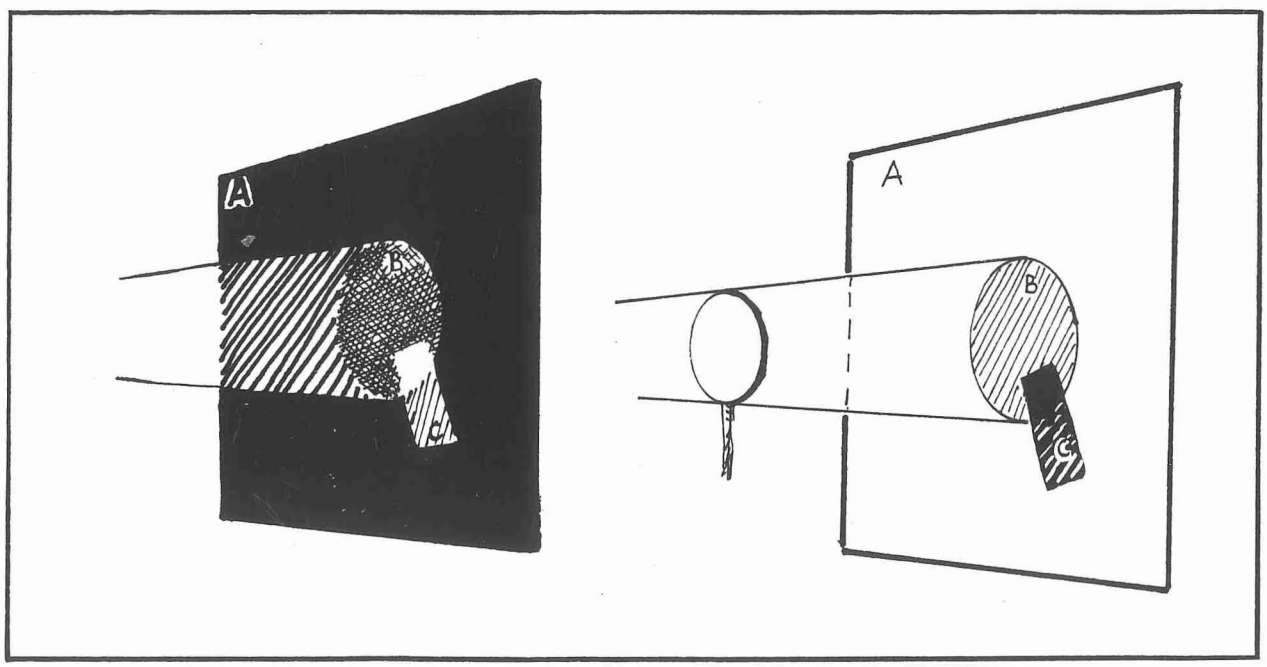
"Si las radiaciones eran en Gelb A:B=B:C=1:60, mientras se omitía C, B parecía blanco: tan pronto como se insertaba C, B parecía negro y brillante, y este cambio se explicaba por el hecho de que B estaba determinado por el gradiente B C. Si esta interpretación es correcta, B ya no aparecerá negro cuando la relación C:B sea menor que 60:1. Esta previsión se vio confirmada..." (Koffka, 1935, p.296).

Experimento de Koffka (II) (continuación):

Este experimento es el contrario al de Gelb y consiste en iluminar los tres objetos de forma diferente: A:B=B:C=60:1. O lo que es lo mismo:

A=fondo blanco intensamente iluminado
B=disco blanco en una sombra profunda
c=tira de papel negro o gris

"Si son expuesto solamente A y B, A aparecerá blanca, y B negra. Introduciendo C de modo que B C se pertenezcan una a otra, B debería volverse blanca; nuevamente, si B:C fuese menor que 60:1, B tendría



(interpretación propia siguiendo las descripciones de los textos)

figura nº 3.22 *figura 3.23*

que virar a un tono más negro que blanco ... pero esta predicción se cumplió solo con los agujeros iluminados no así con el círculo y la tarjeta negra... (Koffka, 1935 p.297).

Otra de las evidencias de Koffka (II) es el hecho de que en este caso, hay otro elemento C, siendo la relación de gradientes:

A:B = B:C = 1:60

Si A es negro, B también negro y C blanco, parece que algo falla, a no ser por el hecho desvelado por Koffka, donde la relación A:B = 1:60 y B:C = 1:60, con lo cual B tiene o adopta dos gradientes 1 y 60 dependiendo con cual de ellos se relacione...A sigue siendo blanco respecto al fondo y negro con respecto a la tira blanca ¿como se resuelve esto?... lo que ocurre es que cuando se introduce C en la escena, la relación entre A y C es de 1:3600 y este efecto, tal y como nos indica Koffka (Koffka: 1935 p.291), no puede ser igual al de A y B, con lo que la diferencia entre ellos no es solo de blancura (el máximo es 1:60) sino que se diferencian en otra dimensión, en el BRILLO.

Koffka nos aclara su postura de la siguiente forma: *" la apariencia de una parte x del campo está determinada por su "pertenencia" a otras partes del campo. Cuanto mas pertenezca x a la parte y del campo, en mayor grado estará determinada su blancura por el desnivel x y, y cuanto menos pertenezca a la parte z, menos aún dependerá su blancura*

del desnivel x z." (Koffka: 1935 p.290)

NOTA 3.13.- La constancia de la brillantez o blancura depende de las relaciones o pertenencia con otras partes del campo o del estímulo.

Volvemos a repetir lo mismo con Gelb (I)...se constata la poca fuerza con que actúa la constancia en este tipo de situaciones. El conocimiento de las condiciones experimentales vuelven a no tener influencia sobre los resultados.

De todas formas, hay un punto negro en todo esto : Koffka intentó invertir el experimento y fue un fracaso. ¿Es verdad que desniveles de igual intensidad tienen efectos diferentes, según que la parte influida esté en la parte inferior o superior de los desniveles?...?existe asimetría en la serie negro-blanco?. Estas son cuestiones que se planteaba el propio Koffka, y que creo que tienen su fundamento en las series asimétricas enunciadas mas arriba de la blancura y la reflectancia, o como diría Katz (ver último experimento de Katz(II)) por diferencia entre la <u>prominencia</u> y la <u>insistencia</u>.

Ahora bien, examinemos otros dos experimentos: el de Hering y el de Kardos:

Experimento de Hering.-

Si proyectamos sobre una superficie blanca un cono de luz, e intercalamos entre el foco y dicha superficie un círculo opaco, éste, como es de esperar, formará una sombra circular. Aunque mas oscuro que lo que le rodea, se ve que es una superficie blanca en sombra

Si dibujamos una circunferencia de color negro sobre la sombra, ésta se tornará mas oscura y dejará inmediatamente de parecernos como una superficie blanca que está en sombra. Se verá como si estuviese pintada de gris.(recogido en Forgus 1966 p.84)

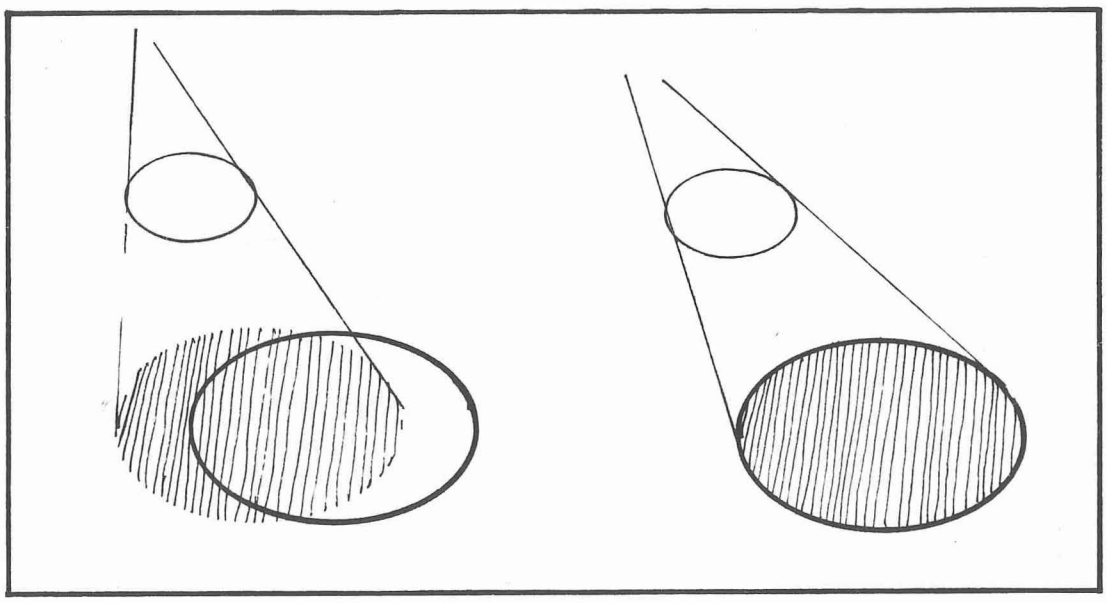


figura nº 3.24.-interpretación según texto (exp. de Hering)

Experimento de Kardos (1934):

En 1934, Kardos cuelga en el hueco de la puerta de una habitación muy bien iluminada un disco blanco. Con ayuda de un proyector, hace coincidir una sombra circular, según se muestra en la figura nº 3.25, con el disco blanco. De esta manera no se verifica constancia alguna, ya que aparenta ser de color negro.

Si desplazamos, aunque sea un poco, la sombra sobre el disco y hacemos que aparezca una parte iluminada, repentinamente pasa de negro a blanco.(ver Kanizsa, 1980 p.171)

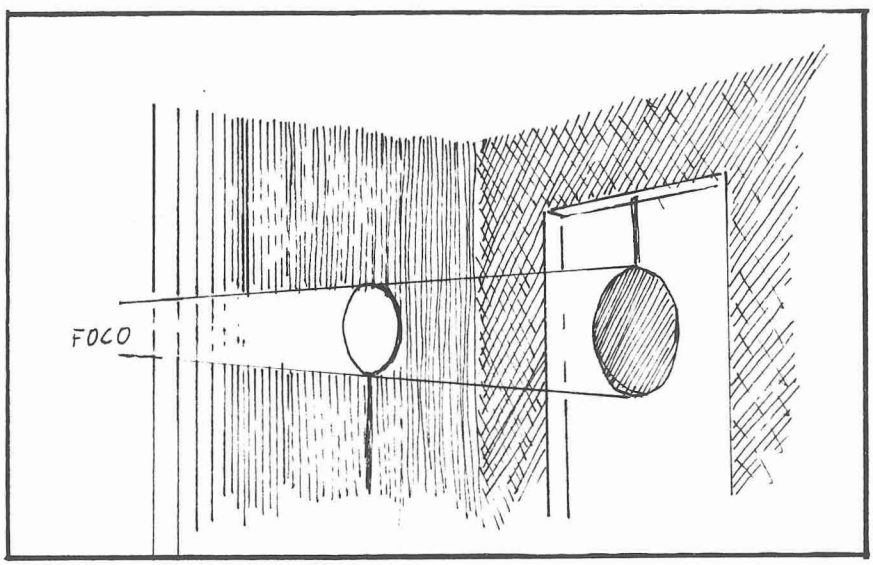


figura nº 3.25.-interpretación según textos (exp. de Kardos)

En el experimento de Hering y mas tarde en el de Kardos, se ven claramente dos aspectos. Uno que tiene relación con con el punto anterior y se refiere al contraste. El otro al ya consabido problema de que la experiencia no altera los resultados. De este último no

diremos nada, pero del primero si, ya que de una manera indirecta tenemos un magnifico ejemplo de inconstancia que a la vez tiene un efecto totalmente contrario al del contraste. Por la teoría del contraste simultáneo, si se rodea a una figura con un fondo mucho mas oscuro que ella, el color de la figura se hace mas brillante. Como se ve, aquí ocurre todo lo contrario, se oscurece, deja de parecer un blanco en sombra para constituirse en objeto integro, con color propio (por eso se oscurece).

Para Kanizsa , estos experimentos le hacen inferir que la constancia es consecuencia causal del funcionamiento de nuestro sistema perceptivo "sin mas", sin ninguna misión especial que aseguraría la relación entre objetos físicos y objetos fenoménicos (Kanizsa, 1980 p 172)

Está claro que para Kanizsa y muchos otros, no solo los resultados son independientes de la experiencia sino que la constancia parece ser un concepto que estorba a estos niveles. La forma en que la luz física es descompuesta en dos productos subjetivos, tales como el color del objeto y la iluminación del ambiente y que son tan necesarios para la existencia de la "constancia", son productos intrínsecos y originales de la percepción en general. Una cosa está clara: *"el fenómeno de la constancia no se puede producir si el campo visual no tiene un cierto grado de articulación, es decir, si en ese campo no están presentes, al mismo tiempo, al menos superficies de diferente albedo."*(Kanizsa 1980 p.172)

Esto corrobora, en principio, la nota 5 debida a Koffka, y se amplia.

NOTA 3.14.- Es necesario, para que se produzca "constancia" la existencia mínima de dos superficies de diferente albedo"

Esto último que hemos dicho es muy importante. Ya no es necesario pensar en tendencias perceptuales o tendencias biológicas, ni siquiera que existe una mente superior o un sistema superior que infiera, cause consciente o inconscientemente estos primeros pasos de la cadena causal de nuestro S.N.V.I. Me atrevería a decir que se realiza "computacionalmente", al menos eso sería el mejor de los logros biológicos.

Pero todavía nos quedan algunos experimentos por comentar: El de Hsia (1943), el de Burzlaff (1931) y Katz (II):

Experimentos de Hsia (1943):

Hsia, dispone dos habitaciones de la forma recogida en la figura nº 3.26. El observador se encuentre en la medianera de dichos espacios, los cuales se encuentran desigualmente iluminados, si bien tienen un fondo común negro para evitar que se den efectos de contraste directo.

En uno de los espacios se disponía de un "gris" estándar pudiéndose

variar la iluminación por él reflejada manipulando una luz colocada en el techo. El caso es que siempre, en cada experimento, se mostraba este gris con una iluminación constante. El sujeto tenía que igualar la brillantez de un gris de comparación con el gris estándar a base de manipular otra luz en el techo de la otra habitación.

Todas las pruebas, con diferentes grises y diferentes observadores, constataron cierta constancia parcial y una gran diferencia individual, de observador a otro.(en Forgus, 1966 p.81-82)

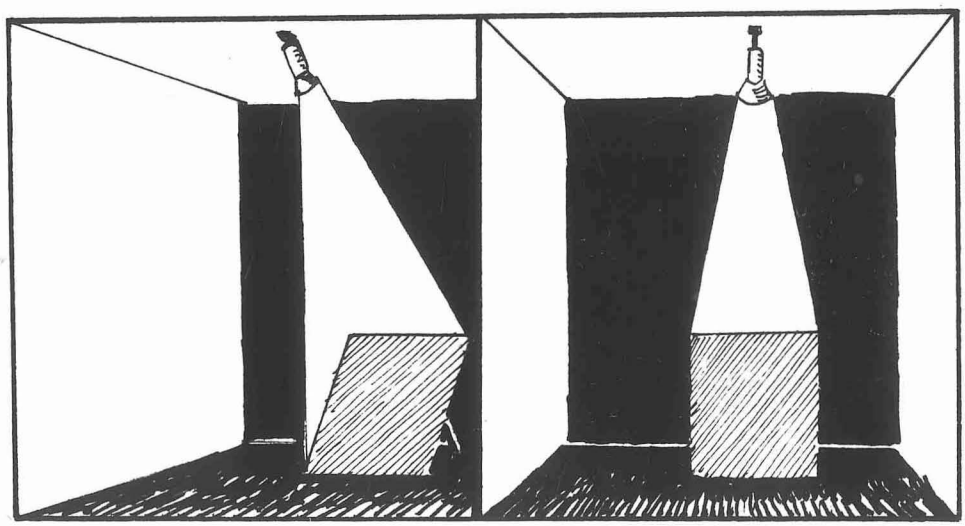


figura nº 3.26.- interpretación propia según texto (exp. de Hsia)

Experimento de Burzlaff (1931).-

Es comentado de Forgus, pero es idéntico al de Katz (II), a no ser en el hecho de experimentar también con niños muy pequeños, consiguiendo en este caso datos importantes (Forgus, 1966 p.97), si bien se desvian de nuestras intenciones.

Experimento de Katz (II).-

Este experimento fue concebido por Katz pensando en dos cualidades fenomenológicas, tales como la prominencia y la insistencia de la brillantez.

En un cuarto oscuro, un observador fija su mirada sobre una serie ordenado de dieciocho colores acromáticos fuertemente iluminados, del blanco al negro, y a una distancia de un metro.

A unos cinco metros se le presentan al observador otra serie de grises, blancos y negros, pero esta vez de forma desordenada, al azar.

Sobre todo, con los blancos y los negros, aunque recibían la vigésima parte de luz, eran seleccionados correctamente, es decir, había un alto grado de constancia de la blancura. Pero las diferencias también eran notables ya que el blanco cercano parecía mas claro y el

negro lejano mas oscuro.(forgus 1966 p.80-81)

El mayor mérito del trabajo de Hsia consiste en haber hecho el experimento bajo condiciones de iluminación diferentes a las comentadas hasta ahora. En vez de hacer comparaciones con luz "normal", las hizo con todo tipo de luces y situaciones. Una de las cosas importantes que constató fue que *"la blancura que se percibe de una muestra es función multiplicativa del albedo por la iluminación general, siempre y cuando haya una referencia regularmente constante para la determinación de éste; en el caso contrario, se obtendrá cierta percepción de la iluminación."* (Forgus, 1966 p.82).

Un marco de referencia siempre indica que existe diferencia de iluminación, como por ejemplo, en este caso el fondo negro.

NOTA 3.15.- Siempre que dos escenas estén iluminadas de forma distinta, la existencia de un marco de referencia común posibilita que se de la constancia de blancura. En su defecto puede haber cierta constancia de brillantez.

Por el contrario, el experimento de Katz ya no tiene nada que ver con estos últimos. Utiliza el método de iluminación en perspectiva y lo introduzco aquí, al final, como ejemplo de muchos otros experimentos parecidos, como los realizados por Brunswik, Burzlaff, etc. En este caso, las intenciones son el distinguir entre la "prominencia" y la "insistencia" de la brillantes, como dos atributos mas del color.

Para Katz el blanco cercano es "mas blanco", mas vivo que el lejano, a lo que denominó: diferencia en la insistencia. Por otros aspectos, el mas cercano parecía mas genuino y el distante mas oscuro, encubierto en la oscuridad,... a este lo llamó diferencia de la prominencia. El negro cercano es mas insistente, pero el lejano mas prominente.

"... por lo general los blancos y los grises claros parecen mas prominentes con una mejor iluminación mientras los grises oscuros parecen mas prominentes con una iluminación mas pobre" (Forgus,1966 p.81).

Y hasta aquí lo que se denomina constancia de blancura. Ahora pasamos a la de matiz.

3.2.2.-Antecedentes experimentales en los que se funda el concepto de constancia del matiz.-

Ahora toca exponer lo que vulgarmente se denomina constancia del color. Sigue los mismos pasos que la constancia de blancura ya que le sirve como soporte . Pero aunque la constancia de la blancura se da al unisono con la de matiz, tiene una variable mas. Digamos que la blancura se da a lo largo de dos ejes coordenados, el del albedo y el de la intensidad, y aquí necesitamos uno nuevo, el del que lleva su nombre: el matiz.

Esto hace que se dificulten un poco mas las cosas, tal y como veremos seguidamente. Es por eso que existen muy pocos experimentos al respecto, ya que todos tienen algo en común y son básicamente lo mismo. Nuevos experimentos han dado siempre los mismos resultados.

Por otro lado, esta igualdad en los resultados experimentales, tiene la virtud de que podemos enfrentaremos de inmediato con el problema, sin tener que conjeturarlo, deducirlo, etc.

Uno de los experimentos mas clásicos es el de Koffka:

Experimento de Koffka (I).-

Koffka coloca un disco neutro "A" sobre una pared de un local donde

su iluminación es coloreada. Una ventana comunica esta habitación con otra contigua donde su iluminación es la habitual, y donde hay otro disco neutro "B" igual al primero.

El efecto es bien conocido. El disco "A", bañado con luz coloreada se nos muestra con un color neutro, mientras "B", que recibe luz normal, se nos muestra de un color complementario al de la habitación primera.

Si se aumenta la intensidad de la luz coloreada que cae sobre "A" es evidente que veremos a B mas saturada pero del complementario de A. Ahora bien, "A" presenta constancia y "B" no, y si se miran los dos discos con una pantalla de reducción, se verán con los colores cambiados, "A" con el color de la iluminación y "B" neutro. (Koffka, 1935 p.299)

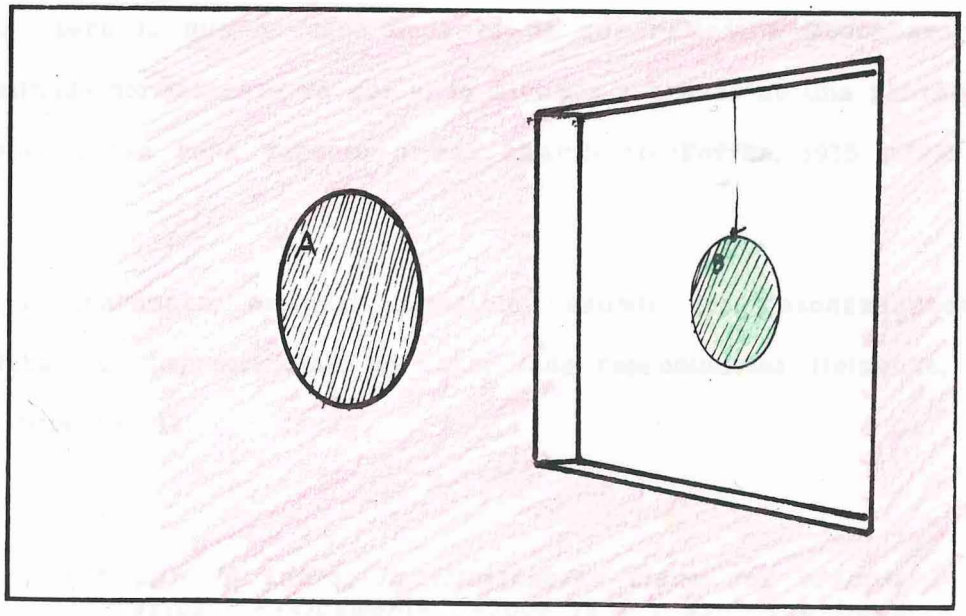


figura 3.27.- interpretación según textos (exp. de Koffka-I)

Lo primero que resalta de este experimento es el hecho de la interdependencia que existe entre los dos grises. No hace falta ni argumentarlo ya que es evidente su relación por complementación del matiz. si uno es rojo el otro verde, si azul el otro amarillo, etc. Esto es una opinión generalizada, siendo Jaensch el primero en advertirlo (según Koffka: 1935 p.299). Por otro lado, Koffka infiere de ello la existencia de una invariable: el desnivel entre "A" y "B" , así como un principio del cambio de nivel o el principio del nivel medio, comparándolo con otros principios semejantes en otras constancias

Experimento-razonamiento de Koffka (II).-

Se elige un objeto azul y se le pone bajo iluminación amarilla de una bombilla común... en estas condiciones una superficie azul aparecerá mas azul que iluminada por luz neutra (consecuencia de Koffka (I))... pero lo que no cabe duda es de que reflejará menos azul que iluminado normalmente ya que si lo miramos a través de una pantalla de reducción, se verá verdoso o mas amarillento.(Koffka, 1935 p.299)

Literalmente, es casi imposible resumir los razonamientos de Koffka. Es imprescindible por otro lado reproducirlos fielmente, dada su importancia:

> *"...por lo tanto, la iluminación tiene dos efectos opuestos. Físicamente reduce la luz azul que llega desde el objeto, pero, psicofísicamente, acrecienta el efecto azul de esta luz. Es sólo una posibilidad entre muchas, y se cumple sólo en un número de casos*

despreciablemente pequeño, la de que estos dos efectos de signo opuesto sean exactamente de la misma magnitud como para anularse entre sí y producir la constancia perfecta. Porque la variación de la luz reflejada por un cuerpo por un cambio de iluminación, depende de la constitución de la luz arrojada sobre él y de la capacidad selectiva de su propia superficie. Dos luces aparentemente iguales pueden tener constituciones muy diferentes, y dos superficies que parecen iguales pueden tener características selectivas muy distintas..."

(Koffka: 1935 p.302-303)

No cabe duda de que Koffka ha argumentado maravillosamente este efecto, pero todavía continua su teoría

Experimento de Koffka (III).-

En una habitación, iluminada por luz solar difusa, encendió una lámpara eléctrica común para así proyectar una sombra sobre la superficie de un papel blanco. Graduando la intensidad de la lámpara se puede hacer que la sombra sobre el papel blanco se torne azulada.

Luego sustituyo el papel blanco por amarillo poco saturado dejando sin cubrir solo el espacio de la sombra, con lo cual el campo circundante de la sombra reflejaba mucho mas amarillo que antes. La sombra dejo de verse azul.(Koffka 1935 p. 305)

Esto prueba que el color complementario que aparece, cuando se perciben sombras de este tipo, no depende de las radiaciones que provienen de esa zona en especifico, ni siquiera, tal y como podríamos

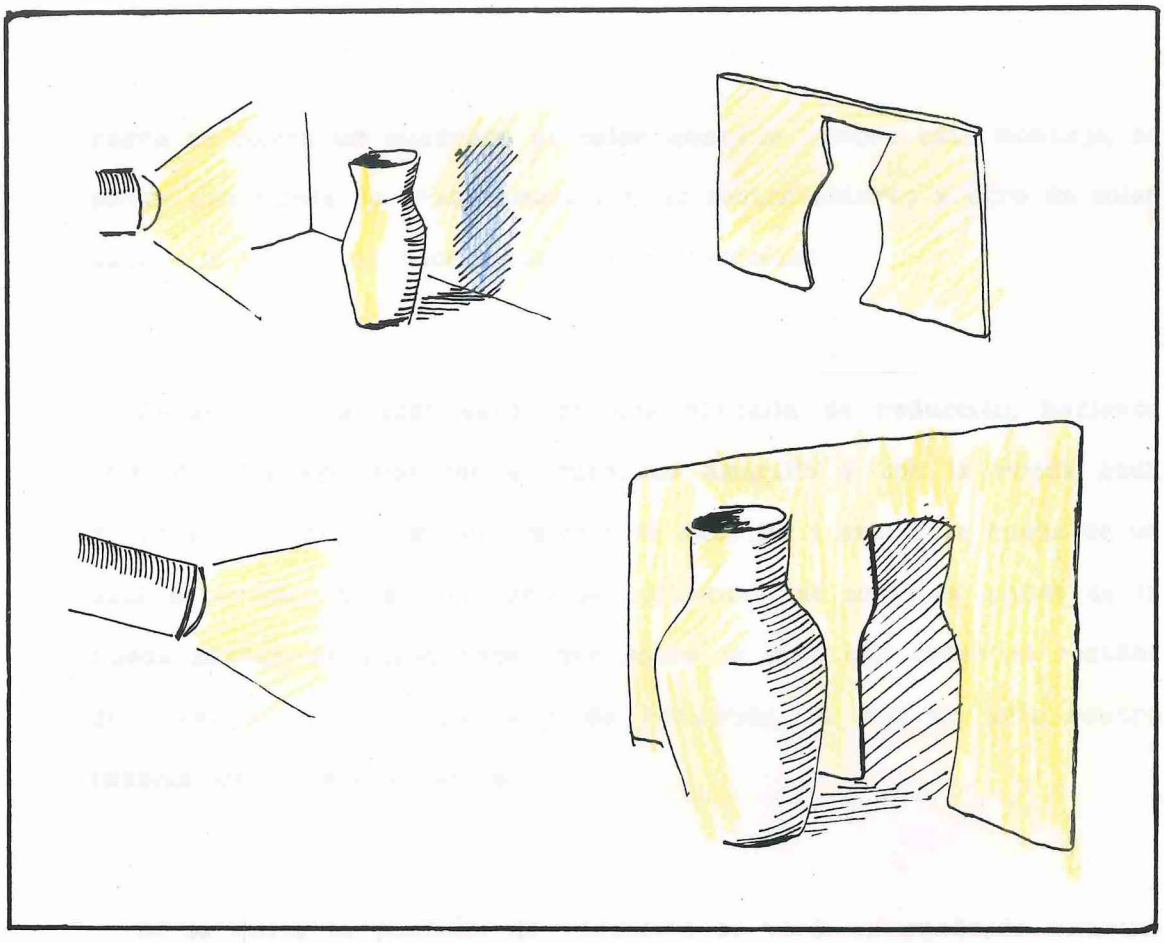


figura nº 3.28.-interpretación propia según textos (exp. de Koffka-II)

deducirlo de la teoría del contraste, que provenga del campo circundante. Depende, en palabras de Koffka, del desnivel entre la radiación contenida y la contentiva y del color en que aparece la última. Sea de una forma o de otra, lo que queda claro es el hecho de que si existe constancia en el campo que circunscribe a la sombra, no la hay en la sombra, y lo mismo su viceversa.

Experimento de Fuchs.-

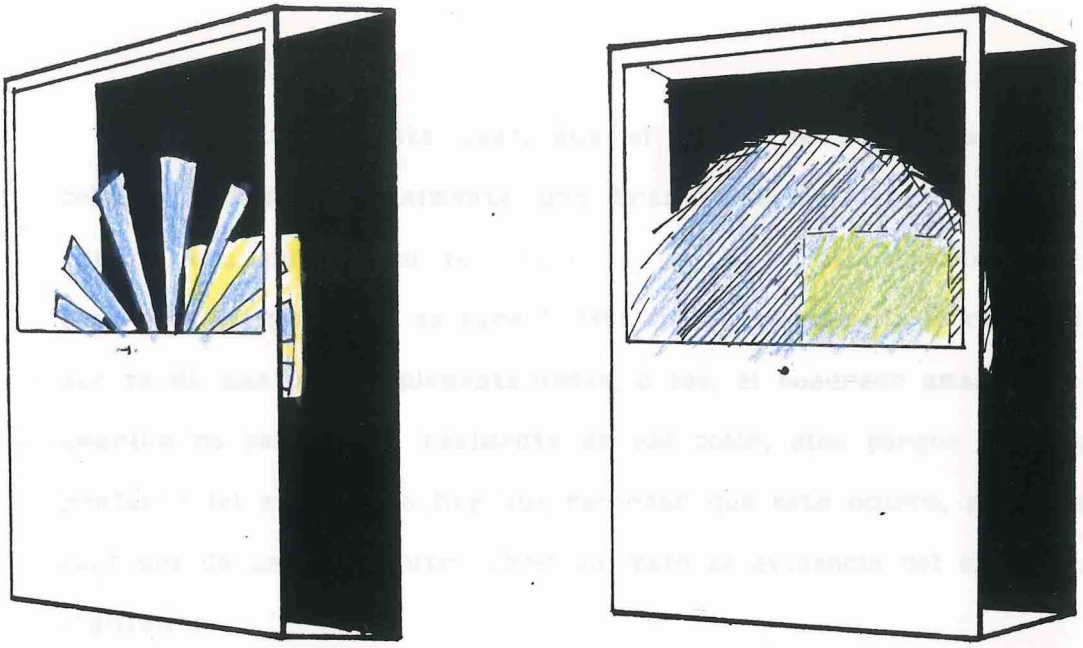
Con el método del episcopio, Fuchs crea trasparencias según una disposición similar a la de la figura nº 3.29. Sobre una pantalla

negra se coloca un cuadrado de color amarillo. Sobre este montaje, se coloca una rueda de gran tamaño con un sector abierto y otro de color azul a la que se le hace girar a gran velocidad.

Si se observa todo esto con una pantalla de reducción, haciendo coincidir los agujeros con el cuadrado amarillo y con la rueda azul, se verá el primero como una mezcla de amarillo + azul y la rueda de un azul saturado. Si se regulan adecuadamente los sectores azules de la rueda grande, se puede hacer que sobre la zona que cubre el rectángulo amarillo, y con pantalla de reducción, se vea un gris neutro (mezcla de complementarios).

Si se quita la pantalla de reducción se verá un cuadrado amarillo detrás de un semicírculo azul trasparente sobre un fondo negro.

Por el contrario, la información distal es la siguiente: un área negra, un área azul + negro y un área gris neutro (ver figura nº ce-4b). La apariencia perceptual no es la misma que la estimular. Koffka nos recuerda que el área del cuadrado amarillo está doblemente representada, ya que por un lado vemos un cuadrado amarillo y por el otro la continuidad azul de un semicírculo transparente. En la retina no hay ni azul ni amarillo (Koffka 1935 p.307-308). Yo no creo que en esto tenga razón Koffka, ya que sobre la retina habrá los dos tipos y más de radiaciones ya que en el mundo físico no se mezclan las radiaciones



MONTAGE
AJUSTE

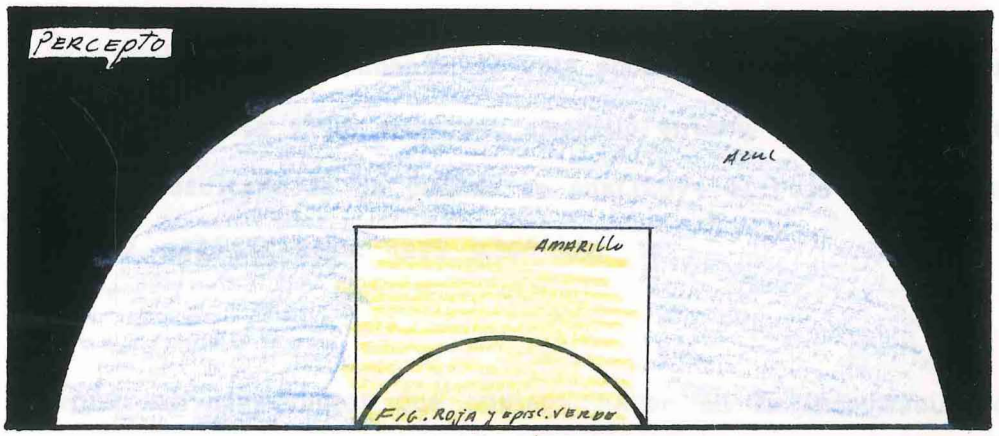

PERCEPTO
AZUL
AMARILLO
FIG. ROJA y opsc. VERDE

Fig. 3,29

Es evidente, en este caso, que el hecho de poder ver los dos colores incluso espacialmente uno tras otro, se debe al hecho de existir una doble representación, incluso a su correspondencia real. Pero este último punto es para Koffka un tanto ajeno a la realidad ya que se dá mas por complementariedad, o sea, el cuadrado amarillo se ve amarillo no porque sea realmente de ese color, sino porque es complementario del azul. Pero hay que recordar que esto ocurre, al menos si partimos de un gris neutro objetivo. Esto se evidencia del experimento siguiente.

Experimento de Grace Helder.-

Igual que el de Fuchs pero con algunas modificaciones, tal y como se puede apreciar en la figura nº 3.29.

La parte inferior de la figura se hizo roja, y se hizo girar un episcópio verde sobre este reducido área. Se ajustó para que la mezcla resultante de los dos, a través de una pantalla de reducción fuese gris neutro exactamente igual que la producida por el azul y el amarillo.

El efecto fue sorprendente, se veía sobre un fondo negro un circulo azul transparente y un cuadrado amarillo entero, sin rojos ni verdes. El mismo resultado se da cuando se sustituye el rojo y el verde por blanco y negro.(Koffka: 1935 p.308-309)

Aquí las diferencias que pudiera haber en la información distal

quedan bloqueadas o inutilizadas en favor de la organización perceptual.

Experimento de Wallach y Galloway (1946).-

Tenemos un proyector "A" que irradia un color (verde) por todo el campo a excepción de una zona donde se encuentra un disco gris. Un segundo proyector "B" proyecta luz blanca sobre esa rueda gris. Existe otro disco de color rozo azulado a la derecha, tal y como se puede ver en la figura nº 3.30.

Con una pantalla de reducción, el color de los dos discos se hicieron que fuesen iguales.El disco gris manipulando el proyector "B" y el disco rojo azulado con la cantidad de verde (son complementarios).

Al retirar la pantalla de reducción los colores de los discos cambiaron, el de color gris se vio rojo azulado y el rojo azulado tal cual. Para Wallach y Galloway este fenómeno produce el contraste del color simultáneo, o sea, que el contorno verde hace que su complementario (rojo azulado) se desplace hasta el gris. (forgus 1966 p.89-90)

Como se ve, este experimento es igual que el de Koffka, con algunas variantes pero se vuelve a dar constancia en el disco sobre el cual se arroja radiación ambiental, aquella que se encuentra tanto en el disco como en el fondo como en una mayoría del campo visual. El gris, marginado a una iluminación local, adquiere el complementario. Cabe

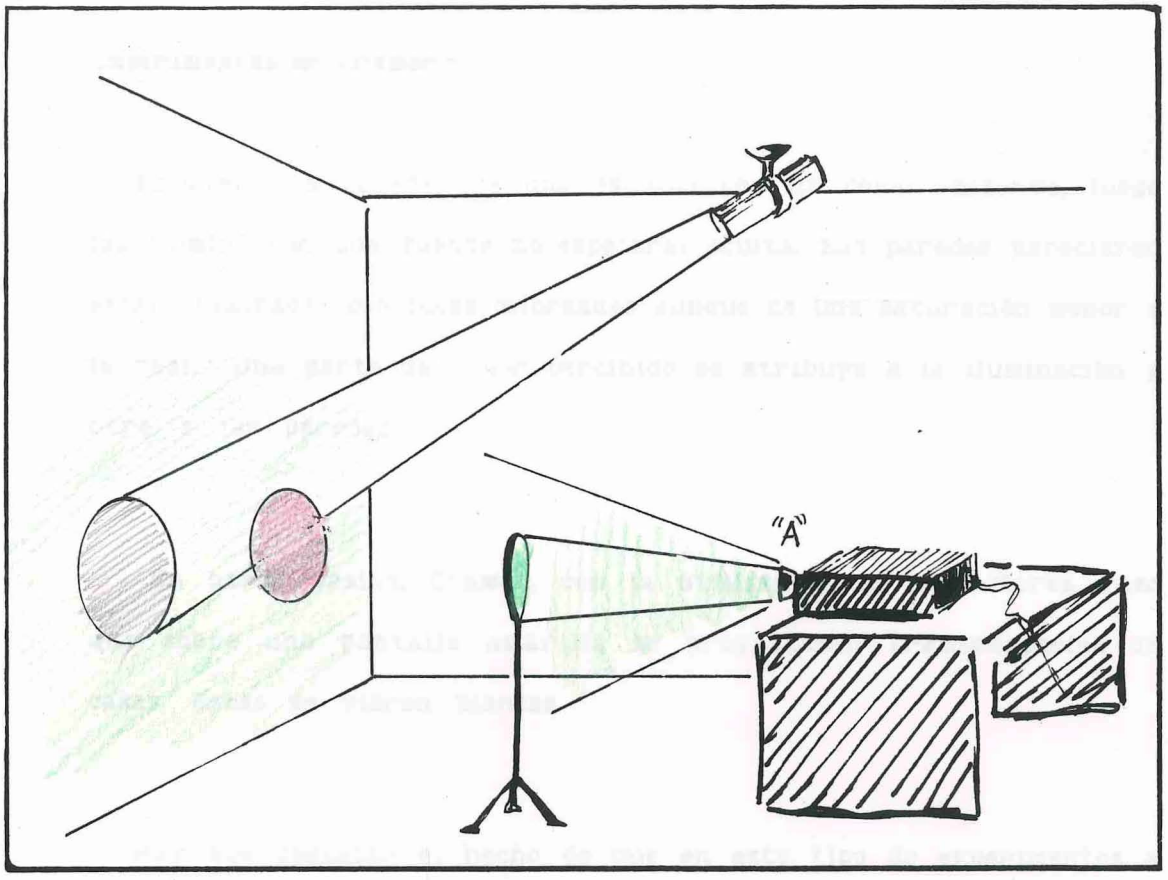


figura nº 3.30.-dibujado según textos (exp.de Wallach y Galloway)

destacar que este experimento le valió a Wallach para reafirmar su teoría del contraste, extensible tanto al color como al brillo. Evidentemente, la constancia del matiz parece tener un mismo principio pero por lo mismo podemos dudar de la participación del contraste en ese efecto que desplaza el complementario hacia zonas donde exista un gris neutro. Wallach solo demostró que el contraste afecta pero no causa, ni siquiera es condición necesaria, tal y como se deduce de los experimentos de Koffka.

Experimentos de Cramer.-

Empapeló las paredes de una esquina con un color uniforme, luego las iluminó con una fuente no-espectral oculta. Las paredes parecieron estar iluminadas con luces coloreadas aunque de una saturación menor a la real. Una parte del color percibido se atribuye a la iluminación y otra a las paredes.

En otra ocasión, Cramer, con la utilización de proyectores, hizo que sobre una pantalla amarilla se proyectasen transparencias de casas. Estas se vieron blancas.

Hay que destacar el hecho de que en este tipo de experimentos a veces una casa en se ve amarilla y las otras no, o si se proyecta algo azul, a veces parece gris y otras azul, según sea el objeto que lo porta.(en Bartley 1958 p.250).

Aquí vemos que no necesariamente se precisa del color complementario para que aparezca constancia de algún tipo. A primera vista da la impresión de que el perceptor contribuye con su "historia" o pasado en ver casas blancas o cielos azules pero si recordamos lo dicho en la constancia de la blancura, es posible de que no tenga nada que ver.

Para Bartley, lo que hay que tomar en cuenta es la reflectancia del objeto, ya que si duplicamos la iluminación no se dan sucesos importantes en el objeto. Por contra, un aumento de la reflectancia hay transformaciones en el color del objeto. Pero esto ya lo sabemos.

NOTA 3.16.- La constancia del matiz esta directamente relacionada con la complementación de los colores.

NOTA 3.17.- La constancia del matiz, que es inseparable de zonas de sombra y luz, si se da en el campo que circunscribe a la sombra no se da en ella, y si la hay en la sombra no la hay en el entorno.

3.2.3.-Resumen y conclusiones sobre la coherencia de la imagen y la constancia del color :¿podemos saber a que correlatos fisicos corresponden las constancias del color o matiz?

Creo que no hace falta decir la enorme diferencia que existe entre los dos conceptos. Aunque podamos decir que se corresponden en alguna medida (como todo lo que concierne a lo biológico) también es cierto, tal y como conjeturábamos al principio, que la estabilidad y coherencia son mas "controles paravisuales" que otra cosa. Podemos decir que éstos colocan, controlan y crean las condiciones necesarias para que a partir de la retina se desencadene satisfactoriamente la creación de la imagen estética. Por lo tanto, en cierta medida, este control forma parte de la imagen resultante, en cuanto necesario aunque no suficiente.

Podemos preguntarnos por sus correlatos con lo fisico, para lo cual podemos decir que dadas sus caracteristicas constituye una "constancia", tal como la del tamaño, de la figura o del color. Ahora bien, da la impresión de que en este caso no tiene nada que ver con los objetos sino con la relacion de los objetos entre si, y sobre todo con el sujeto que lo percibe. Niños o adultos que han sido entrenados con aparatos que invertían las imágenes, han acomodado todos sus movimientos a dicha construcción, con lo cual su "coherencia" o "estabilidad" venia siendo la misma que para cualquier tipo de imagen, siempre que tenga un comportamiento tal que se le puedan asociar "acomodaciones" o interrelaciones con otros sentidos.

Podemos dejarlo en este punto, pero no por ello dejamos dudas sin aclarar. Sobre todo una muy esencial: hemos dicho que en este caso parece ser que no tiene nada que ver con los objetos en sí, sinó con la relación con otras partes de la imagen... pero ¿no es eso lo que hemos dicho con el color, o lo que hubiésemos dicho sobre el tamaño y la figura?. Aqui no podemos decir mas que lo expuesto en la NOTA 3.8, y ya veremos si podemos mejorarlo en las conclusiones-finales.

En cuanto a la constancia del color, tenemos que evaluar las notas que hemos extraido a lo largo del trabajo. Cabe destacar:

1-la constancia del color (matiz + blancura) es independiente del conocimiento de las condiciones experimentales, o lo que es lo mismo, que la experiencia no interviene en ellos. Otro punto utilizado por muchos es que esta propiedad (la constancia) es innata

2-con sus mas y sus menos, ha quedado suficientemente claro que la constancia de blancura (y no tanto del matiz) se debe a los albedos de las superficies. Esto es lo mismo que decir que el albedo es una invariante del objeto, así como para el matiz lo es el gradiente de complementación del matiz.

3-para que el sistema visual pueda provocar "constancia" tienen que darse unas condiciones mínimas en la realidad estimulante, a saber: que al menos existan un mínimo de dos superficies con diferente albedo. Esto es lo mismo que decir que cuanto mas heterogénea sea la

realidad mas probabilidad existe de que se de la constancia.

4-otro punto que se complementa con el anterior es el hecho de que la constancia se da siempre que sea posible distinguir el color del objeto del de la luz que lo ilumina, por eso cuando mas heterogéneo mayores serán las expectativas de éxito.

5-también ha quedado claro que por la teoría de contraste solo se pueden explicar cosas muy especificas ya que la constancia utiliza otros mecanismos.

6-ha quedado establecida la distinción perceptiva de luminosidad (brillantez), blancura (albedo) y matiz (color)

Paralelamente, estos puntos adquieren coherencia teórica dentro de formas de pensamiento mas generales tales como las formuladas por la teoría de la Gestalt, o la del nivel de adaptación de Helson.

La teoría de la Gestalt, genericamente se basa en que los fenómenos perceptivos que tienen por base a otros de nivel inferior, no es una mera suma de sus partes sino que es un multiplicación o algo enteramente nuevo. Mas especificamente, con Koffka adquiere términos mas concretos en cuanto la organización visual, y en especial las constancias, son explicadas a través de conceptos como "armazón", familia de líneas, direcciones o "principio de nivel neutro"... como configuradoras o puntos de referencias con las cuales se construye la

forma y el color. En cuanto al color, el "principio del nivel neutro" es un nivel al que se hace referencia continuamente y esta relacionado con la coordenada de complementariedad del color.

En el caso de Helson, es un tanto mas complicado, ya que intenta formular un mecanismo que se encuentra en la base de múltiples fenómenos visuales. De esta manera, tal y como hemos comentado en la página nº 12, enuncia un punto llamado nivel de adaptación y al cual otorga la propiedad de ser centro de referencia para todos los fenómenos visuales, o zona neutra o indiferente ante los estimulos del medio ambiente. Como se ve, es muy parecido al de Koffka, pero con la excepción de que lo ha formulado:

$$P=K(Xi-A)/(Xi+A)$$

P=diferencia apenas perceptible

K=constante que contiene la fracción de Weber

Xi=percepción evocada por un estimulo

A=nivel de adaptación

Pero tiene algo de novedoso que puede interesarnos. Helson dice, con respecto al problema de la percepción de la luminosidad y de la reflectancia, que "*por debajo de este nivel de adaptación toman el matiz complementaro del matiz del iluminante. Los objetivos cercanos a la reflectancia adecuada parecen incoloros (acromáticos) o con una saturación muy reducida. Los objetivos que corresponden al nivel de adaptación, la cual cambia con la reflectancia del ambiente* (Bartley, 1969 p.253).

Existen muchas otras que podríamos haberlas extraido de la introducción realizada al comienzo de esta tercera parte, pero valga de ejemplo de como una carencia empírica puede estar simulada dentro del pensamiento mas general. Es lógico, ya que dan contextura a lo que por si solos no tienen. ¿y por que no tienen esa evidencia que se necesita? ¿que es lo que hace que, dentro de su importancia, no sean totalmente creíbles?

Me explico. A mi no me satisfacen ya que no me sirven para mis intenciones. Y mis intenciones debieran de ser respondidas por una ciencia que se autodomina de la "percepción" y no lo son en absoluto. Digamos que los pretendidos correlatos de los perceptos son los directamente percibidos, tales como los albedos o los colores complementarios. Yo no niego que así sea, pero no ha habido demostración de tal hecho, sino solo descripción del suceso. Por ejemplo, se dice que cuando hay constancia es que vemos la reflectancia del objeto, no haciendo caso a su iluminación. Esto es una descripción no un fundamento. ¿porque vemos la reflectancia o como la vemos?. Es notable la persistencia del albedo, y muy probable que sea una invariante, pero si solo tenemos esos argumentos no podemos negar que cada vez que vemos un arbol, vemos un arbol, aun cuando sepamos que lo "arboreo" no sea una invariante física, tal y como hemos comentado mas atrás.

Critiquemos cada una de las notas apuntadas:

1-¿la constancia del color es realmente independiente de la experiencia?.- Es evidente que al menos en lo que concierne a la experiencia inmediata, a la de la situación experimental, es totalmente independiente. Pero admitir su innatez es quizás exagerado. Una cosa es decir que algo es innato y otra que necesariamente tiene que comportarse como innato. La percepción del color, o de la forma son los tipicos sucesos que tienen la necesitad de aparentar eso, ya que se precisa su perfecto funcionamiento y coordinación con el resto de los sentidos, y esto solo se logra con el tiempo y el aprendizaje. Es por eso que el niño parece tener "constancia" a partir de los seis meses, siendo de las primeras cosas que consigue concluir. Si recordamos lo dicho sobre la plasticidad neural, no tenemos porque pensar en su innatez.

2-En cuanto a que el albedo es el que provoca la constancia de blancura, o mejor, que se encuentra implicado en ella, no hay duda alguna. Decir, en cambio, que el albedo es una invariante del objeto, es decir mucho. Yo preferiría decir: el albedo es, al menos, una invariante del percepto. Que lo sea del objeto no ha sido demostrado, aúnque tiene hipotéticamente algo que ver con él.

3- Este punto ha quedado bien argumentado, lo mismo que el siguiente. La necesidad de la existencia de una realidad heterogénea para que tenga los suficientes datos como para que nuestro sistema visual pueda distinguir por lo menos lo que es iluminación de lo que es color-

objeto, ha quedado claro, si bien evidencia mi argumento sobre el albedo. Se tienen que dar ciertas condiciones para que el sistema visual sea sensible al albedo, de lo cual también se infiere que el sistema visual dadas ciertas condiciones "crea" la sensación de albedo que luego utiliza en otras percepciones superiores, como puede ser la de la distinción con la iluminación. No se si es verdad o no, solo tenemos que pensar que es tan posible una como la otra. No hay evidencias que haga que una sea mas plausible que otra.

4-El hecho de que en la constancia del color se distingan dos aspectos, tales como la blancura y el matiz, y dentro de la blancura podemos distinguir lo que es iluminación de lo que es albedo, tiene que hacernos pensar que estamos hablando simplemente de la "percepción del color" mas que sobre la constancia. Lo mismo que hacemos mención al hecho de que un color se muestra casi sin modificación cuando las condiciones electromagnéticas son dispares, la argumentación la hacemos a través de como se percibe el color, no de como hace el sistema visual para crear dicha constancia. O sea, lo único que se ha hecho es describir el fenómeno y decir que se logra por ser sensible al albedo, cuando el albedo lo marcan las distintas sensibilidades a las que responden los conos y los bastones de la retina. Un albedo de azules es totalmente diferente al albedo para amarillos o rojos.

NOTA 3.18.- El término "constancia" no tiene nada que ver con el significado que se le suele atribuir a la invarianza o constancias físicas, sino que pasa por el "como" se percibe, a no ser que lo veamos desde las perspectivas del realismo ingenuo. O sea, que aquello que vemos es lo que percibimos ... de esta manera cualquier tipo de percepción que se mantenga constante dentro de ciertas "variabilidades" del mundo físico, serían "constancias", lo cual es absurdo.

Esta claro que no se ha hecho caso al sistema visual, solo a la imagen retiniana, tal y como hemos dicho en las primeras conclusiones. El cerebro ha sido tomado como una simple caja negra, y por ello se nota la naturaleza tan "visualmente evidente" de las soluciones dadas. Digamos que casi podíamos haberlas descubierto por la simple observación y su consiguiente reflexión.

De esta manera, aunque nos sirvan algunos resultados, no pueden satisfacernos en lo mas mínimo. Son meras descripciones de lo que se ve, no explicaciones del "como" o del "porque" ocurren, que sería el paso que necesitamos para saber que relaciones hay entre lo objetual físico, lo neural y lo perceptual.

¿Que quiere decir que la constancia del color pasa por el "como" se percibe?

Es evidente. ¿qué es el albedo antes de ser diferenciación entre cualidades de diferentes superficies?. Veamos, sea para la brillantez, para el albedo o para el matiz, la entrada de la energía es la misma. Digamos que de un mismo tipo de energía el cerebro obtiene varios tipos de atributos perceptivos, que van desde cualitativas a cuantitativas, de sensaciones de color a sensaciones de forma, movimiento, o lo que sea.

Para que la realidad no sea una tabla rasa diáfana...tiene que existir al menos una distinción "de algo". Ese algo pueden ser manchas

de luz o fuertes contrastes entre manchas de luz...pero siempre es una misma cosa, mas fina o mas gruesa, con lo que nos encontramos en primera estancia. El problema nace cuando esa misma cosa al darse como existencia perceptiva, inevitablemente tiene una "forma", inevitablemente tiene un "color" (cromático o acromático) e inevitablemente tiene un sentido, dirección, quietud o movimiento.... Los colores se distinguen entre ellos por atributos tales como brillo, matiz y saturación. Diferencias de brillo, matiz o saturación crean fronteras entre ellos de diferente naturaleza y contraste. El hecho de distinguir algo como "contraste" entre dos colores redunda en mi postura de atribuirle a dicha sensación atributos perceptivos de diferente naturaleza o de distinto nivel. Lo mismo ocurre con el albedo. Ciertas relaciones entre dos manchas de color que las percibimos independientemente de la cantidad de iluminación, lo percibimos como albedo. Y a ciertas percepciones que varían con cierta proporcionalidad con la cantidad de energía, lo percibimos como iluminación, brillo,etc. Por eso, explicar la constancia del color por medio del albedo es hoy en día una trivialidad o posiblemente lo sea el planteamiento de lo "constante".

Por eso es mejor hablar simplemente de percepción del color y los atributos que adquiere por mediación neural. Quizás sea excesivo poner demasiado énfasis en este efecto, si bien, y en esto no hay dudas, es atractivo y desencadenante de interrogantes filosóficos.

Por eso, podemos ver cuales son las teorías que nos dicen "como" se

percibe. De esta manera, cuando miramos un color, o lo que es lo mismo, cuando miramos un objeto siempre vemos su color, su permanencia en el tiempo, al igual que su forma, tal y como hemos hablado de ello en todo el apartado anterior. Pero cuando se hablan de los atributos del color, sorprendentemente se vuelven a repetir las mismas cosas que cuando se tratan las constancias, pero con la corroboración existencial de esos parámetros de variabilidad. Veamos, clásicamente se entienden por brillo, luminosidad y color como los tres tipos de propiedades o atributos del color. Pero si hablamos de atributos estamos hablando de propiedades sobre las que no hay duda, y tal y como hemos argumentado en el apartado anterior el brillo, la blancura y el matiz no tienen nada claro sus límites ni sus correspondencias con lo real. De todas formas es comprensible que esto ocurra. Las "constancias" crean el atributuo, aquello que no cambia, o aquello que lo hace dentro de unos parametros fácilmente predecibles perceptivamente. Esta forma insatisfactoria de decir las cosas, a la que estamos forzados siempre que hablemos de estos temas, nos pone en una situación incomoda. Es un nudo gordiano.

Una de las teorias clásicas es la "cuatricromática" de Hering (1874) perfeccionada por Müller y últimamente por L. Hurvich y D. Jameson (1957). Parten de que hay tres sistemas visuales pero la visión de los colores se realiza de otra manera, tal como por parejas complementarias, de esta forma:

sustancia sensible al rojo-verde
sustancia sensible al amarillo-azul
sustancia sensible al blanco-negro

Postula que los colores complementarios entre si no se funden, sino que se comportan como antagónicos (no podemos ver colores rojos verdosos o azules amarillentos). De esta forma, cuando asimilamos sustancias vemos verdes, azules y negros y cuando se diferencian vemos rojos, amarillos y blancos.

Otra tan clásica como la de Hering es la tricromática de Newton. Posteriormente la formuló Young en 1801, y mas tarde H. von Helmhotz, en 1852, la reafirmó. Es ésta la que dice que con solo tres tipos de radiaciones se puede abtener luz blanca. Dosificando adecuadamente la intensidad de cada una de dichas radiaciones podemos obtener cualquiera. Ahora bien, colores que cumplan esta caracteristica son muchos, pero que a su vez coincida con los puntos de absorción de los pigmentos de la retina, solo unos pocos (650 nm., 530 nm., 460 nm.). Pero este último dato es reciente, digamos que es una constatación de la teoria.

Los colores en cuestión son: el rojo anaranjado, el amarillo verdoso y el violeta azulado.

Por estas teorias parece no pasar el tiempo. Aunque diferentes, están basadas en hechos empiricos que corroboran tanto una como otra, y hasta el momento no hay forma de saber cual es la acertada y cual la falsa, si las dos o ninguna de ellas. La sicofisica formúla indistintamente para la de Hering como para la de Newton, y su eficacia es idéntica.

Ahora bien, en el apartado anterior hemos aprendido que los colores persisten aún cuando las condiciones ambientales son contrarias, o mejor, contradictórias con lo que se percibe de ellas. Esto hace que las teorias iniciales de Newton o Hering haya que añadir apostillas y correcciones constantemente.

Si nos quedarnos a este nivel no podemos dar respuesta a ninguna de las cuestiones y objetivos que perseguimos, por esto se hace necesario que continuemos la búsqueda, pero esta vez por las teorias mas recientes. Como se verá seguidamente, no es sencillo este propósito, pero tenemos una triste circunstancia que trabaja a nuestro favor: la casi totalidad de los textos mas recientes sobre la percepción es una repetición de las teorias comentadas, y sólo la teoria retinex, la computacional, o experimentos aislados destacan por su novedad.

3.3.-NUEVAS APORTACIONES SOBRE LA PERCEPCIÓN DEL COLOR.-

3.3.1.-Estado actual de la experimentación sobre el color.-

Es difícil evaluar las experimentaciones que se han realizado sobre el color y por muchos motivos:

1-Una de las dificultades infranqueables es el hecho de que las investigaciones se llevan acabo en múltiples frentes, desde la psicología a la óptica, desde la psicofísica a la ingeniería, desde el diseño al arte...y cada una con miras, perspectivas e intereses dispares.

2-Cada parcela de conocimiento hace aportaciones de distinta índole a la comprensión del color, pero todavía no hay nada tangible en lo que basarse, ni nada conceptualmente superior a lo ya mencionado a lo largo de este trabajo.

Podemos, en cambio, poner objeciones a estos dos puntos de la siguiente forma: en el caso del primer punto, restringir el numero de disciplinas a las que acceder y centrarnos solo en un aspecto del color. Y en cuanto al segundo: ¿Como es posible decir que cada parcela hace aportaciones al conocimiento si luego no se altera su "tangibilidad"?. ¿Porqué tenemos que suponer tal cosa?.

Las dos objeciones son típicamente aconsejables para esquivar el problema y no hacerle frente. Quizás tengan razón en el sentido de que está de más hacer este tipo de distinciones en un trabajo como este, pero también es verdad que es necesario por lo menos describir un poco el panorama general y ver lo que ello implica.

Como vemos, dos son los ejes sobre lo que fluctúa el conocimiento sobre el color (la luz, la óptica, etc): los miles y miles de experimentos en los cuales cada uno de ellos evidencia una faceta, comportamiento, interrelación, etc del color ...y aquel otro aspecto, mas intelectivo, en el cual dichos experimentos forman parte de una argumentación con la cual se intenta discernir sobre la objetividad de nuestras percepciones, la relación entre el sujeto cognoscente y el objeto conocido, su nivel evolutivo, etc. Y eso sin contar con las posibles pretensiones que podamos tener sobre el hecho de gestar una "teoría" conclusiva sobre la percepción, o lo que es lo mismo, la ilusión de una fundamentación última, que como bien sabemos no es posible (N. Ursua 1987 p.461 y siguientes).

Esto debe hacernos dudar o reflexionar sobre lo que tenemos entre manos ¿Que se opone a ello si tal y como dicen muchos, el color es algo "que se ve directamente"?. Parece mentira que en el nivel tecnológico en el que nos encontramos, hasta el punto de poder manipular genes o desintegrar átomos, algo tan perceptivamente "evidente" sea reacio a su análisis, incluso a su comprensión. Otro aspecto que corrobora empiricamente la naturaleza de nuestra duda es el hecho de las dificultades (casi imposibilidad) con las que se encuentran los

creadores de electrónica digital, y mas concretamente aquellos que trabajan sobre la visión o reconocimiento de objetos por medios computacionales. Ya veremos mas adelante que estas trabas tienen su fundamento cuando se intenta "codificar" la realidad (la imagen y el color), en "cuantificarla".

Esto hace que nos interese saber lo que se investiga en todos los frentes, y claro está (y haciendo caso a las objeciones) escoger aquello que pueda ayudarnos.

Aunque el Arte durante muchos siglos fue la pionera en torno a la reflexión sobre el color, su estética y sus fundamentos, es también verdad que desde Newton (y quizás un poco antes) otras disciplinas utilizan recursos y herramientas intelectivas y técnicas mas coherentes con su investigación. No debemos, por el contrario, desechar las investigaciones artísticas ya que tampoco es su pretensión hacer competencia a la física, sino que es cometido del arte el simple hecho de vivir mas intensamente dentro de ciertos parámetros sujeto-objeto (el mundo, la materia, etc) que van mas allá de la simple percepción o relación de cotidianidad, digamos que está implementada en su vida, y eso es sagrado.

Entre estos dos polos (la Física y el Arte) existe un sinfín de disciplinas y técnicas para las cuales el color, la luz, son su fundamento y de las que excluimos, precisamente, los extremos ya que el de lo "Físico" ya ha sido tratado en la primera parte de este trabajo y

lo que hace referencia a la faceta del "Arte" precisa otro tipo de discurso y argumentación que solo sería posible después de aclarar este en el que nos vemos envuelto. Entre estos polos podemos anotar varias direcciones:

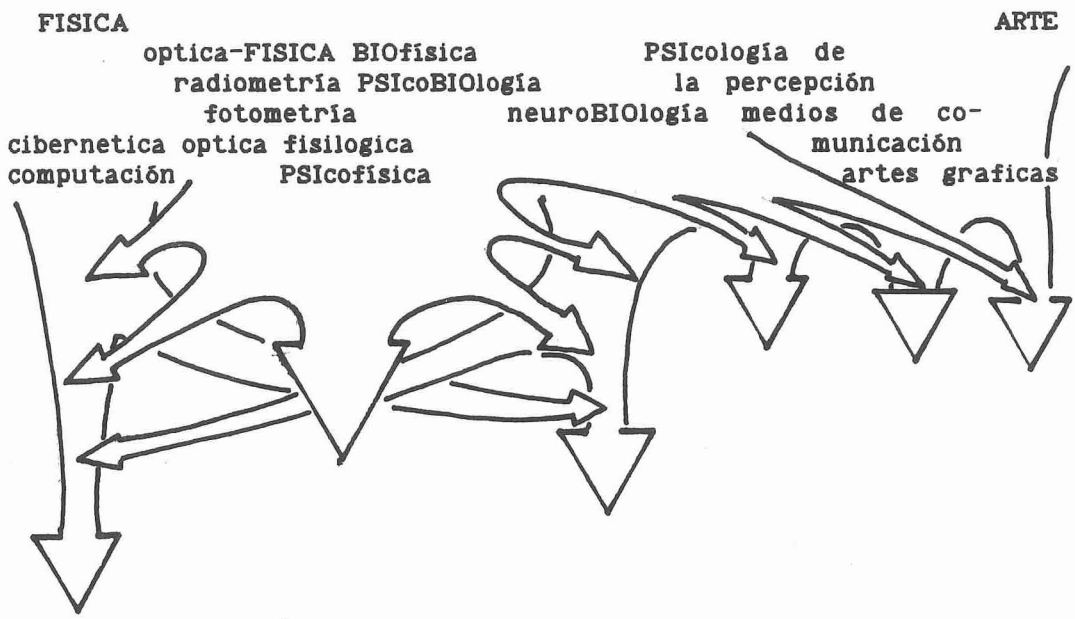


figura nº 3.3.1.-(elaboración propia)

Faltan muchas disciplinas y técnicas asociadas, pero el esquema denota claramente los caminos que mas están tirando de las investigaciones y haciendo que el color y la forma, su percepción y sus fundamentos tanto físicos como fisiológicos estén de actualidad y se constituyan en metas y esperanzas tanto de cientificos como de filósofos. Por supuesto que la psicología hace experimentaciones, pero su fuerte no es precisamente el color, y cuando lo hace no se distingue apenas de los que efectúan los físicos. Hemos visto en el punto anterior desde que punto ha mirado el psicólogo el color. Digamos que esta es su mejor época, ya que desde Koffka la experimentación sobre las

invarianzas se puede decir que ha desaparecido. Ahora bien, hoy en día se ve el problema desde otro punto de vista, o mejor dicho, es necesario abordar el problema desde otra perspectiva, ya que aquella anterior ya ha dado todo lo que podía dar. Hoy en día el laboratorio del sicólogo de la percepción no se distingue del del físico sicofísico, que se dedica a menesteres parecidos. Pueden variar las intenciones pero muchas veces solo es cuestión de énfasis. Veremos, por lo demás, que cuando se está estudiando algo como lo humano existe un lugar que es común a casi todas las disciplinas. Cuando el ingeniero piensa en como diseñar los circuitos y estudia para ello las relaciones neurales, no se distingue del neurólogo o del sicólogo, solo en la función o el uso que va a hacer de esos conocimientos.

Evidentemente, la Física, la Optica,... la Psicofísica son las que llevan el peso y las que marcan el nivel científico de este fenómeno. Newton, Helmotz,... Judd, Walraren, Le Grand, son solo una ínfima parte de la riqueza humana que se encuentra entre sus filas y de todos son conocidas las teorías de Newton sobre la luz o las de Broglie o Einstein sobre lo mismo.

De esta manera, la Física se constituye en fuente de conocimiento cuyos epistemas no son otra cosa que meros paradigmas provocadores a su vez de nuevos desarrollos investigativos, claro esta, esta vez con la idiosincrasia especial que le imprime cada disciplina o técnica en particular. Así, lo que en primera instancia podría ser una "teoría de la mecánica cuántica" va adquiriendo en su seno variables de los sujetos que lo observan, de las bioestructuras de la percepción que

parecen modificarse ante ella... hasta la creación de realidades humanas, antropomorfas, en las cuales la luz y el color ya nada tiene de físico y donde lo "científico" carece de sentido (solo encerrado en el método).

Mas o menos presentado el campo general, es necesario concretar en lo especifico las tendencias y justificar el porque desestimamos las otras opciones.

Multidisciplinaridad del color: ¿Quien puede respondernos sobre el "que" y el "como" se percibe?.-

Para hacer mas sencilla la exposición partamos de una de las intenciones nuestras expresadas al final del punto anterior: "la constancia del color pasa por el "como" se percibe", a lo cual podemos añadirle el "qué" se percibe, tanto o mas importante.

Al "qué" y "como" se percibe pueden respondernos muchas técnicas, disciplinas... la Filosofía, el Arte, pero si analizamos las intenciones de cada una podemos fácilmente crear una jerarquía entre ellas, agruparlas en conjuntos, ver interrelaciones, etc.

La Fisica nos responderia solo al "que", ya que nos mandaría a los principios de la materia, a las partículas, a las ondas o energía electromagnética. La Optica, radiometría y fotometría nos hablarían de

la constitución, cantidad, cualidad y diversos comportamientos de la energía electromagnética en su interrelación con el resto de la materia. Pero con la fotometría se introduce un elemento nuevo ya que la diferencia entre la radiometría y la fotometría, es que para que exista luz (lo fotométrico) es necesario que exista un ojo, y si es humano mejor. Mas tarde, con la psicofísica, no solo es necesario que exista un ser viviente, sino que las leyes psicofísicas solo tendrán un valor exclusivamente humano. En este seno es donde se hacen efectivas y cuantificables los atributos del color x, y, z recogidos en la C.I.E., los conceptos de brillo, matiz y saturación, o los de intensidad luminosa, exitancia luminosa, luminancia, etc.

Podemos también preguntarnos, y con mucha razón, que peligro entraña la cuantificación o medida de nuestras respuestas visuales a la luz, o lo que es lo mismo, que nuestra visión este introducida en una formula matemática o que un color cualquiera pueda ser calculado a base de darle una coordenadas en un triángulo de color o en un cubo cromático. Es evidente que peligros ninguno para quien no se los busca, pero que es muy fácil dar por "real" o inmediato aquello que es meramente convenio o mediato, tal y como sucede corrientemente. Digamos que el estatuto de "científico" no corrobora lo de "real" sino que exclusivamente se ha aplicado un metodo, eso sí, científico.

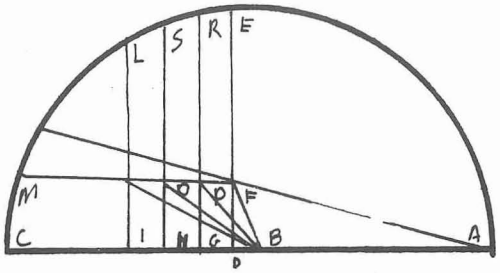
Concretando, las fórmulas mostradas mas abajo se calculan partiendo del convenio (y corroboración empírica) por el cual tres colores (estímulos monocromáticos) denominados "primarios" cuyas mezclas entre sí pueden ofrecer la obtención de cualquier color. O lo que es lo

mismo, que la sicofísica establece *"un modelo de receptor físico con características fijas y bien determinadas, cuya respuesta a la energía radiante tenga propiedades que se puedan correlacionar con las respuestas dadas por un ser humano normal en condiciones también normales"* (A.Pons y A.Corrons, 1977 p.2)

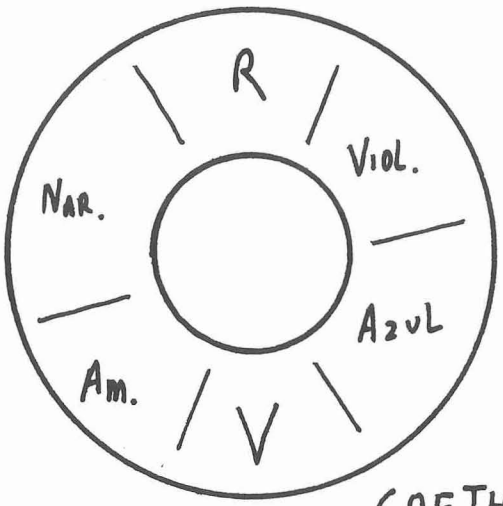
$$X = K_m \int_{-\infty}^{\infty} E(\lambda)\bar{x}(\lambda)d$$
$$Y = K_m \int_{-\infty}^{\infty} E(\lambda)\bar{y}(\lambda)d$$
$$Z = K_m \int_{-\infty}^{\infty} E(\lambda)\bar{z}(\lambda)d$$

donde Km=680 lm/w, E(λ) es la irradiancia espectral y $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ las sensibilidades espectrales de los conos de la retina. De una manera o de otra, el caso es que el espacio síquico no es euclidiano tal y como demostró MacAdam (L.PLaza: 198x p.130) y no se ajusta a ninguno de los esquemas que se han creado al respecto. Digamos que se ajusta mucho, pero siguen existiendo errores ya que tanto las constantes como las variables implicadas en dichas fórmulas son "correcciones y ajustes" para que los resultados asemejen o se ajusten a la realidad. Y ya que el ojo humano da respuestas dispares porque actúan sobre él el ánimo, la acomodación, el tipo de iluminación, etc y sobre las variaciones en el color que sufre el propio objeto al iluminarlo con diferentes cantidades de luz, estas formulas solo tienen cierta fiabilidad cuando se producen con iluminantes patrones tal como el radiador planckiano de 2854º, una temperatura de color de 6770 K ... etc.

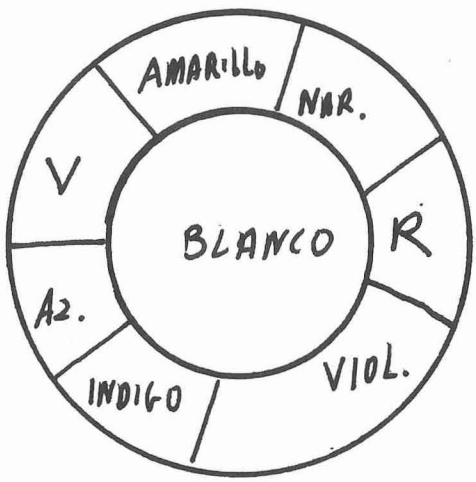
Para ilustrar los diferentes tipos de esquemas con los cuales se ha intentado explicar la percepción del color ver figura nº 3.32.



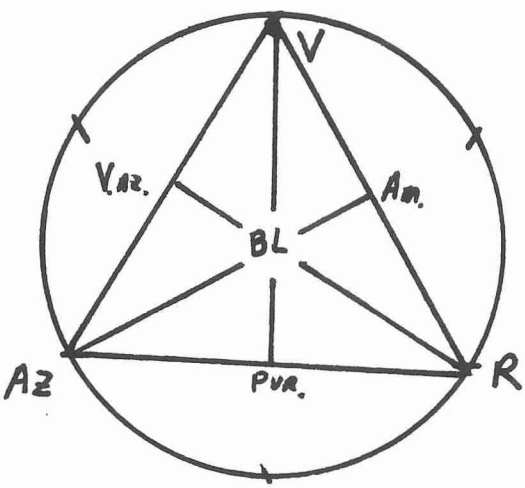
DELLA PORTA



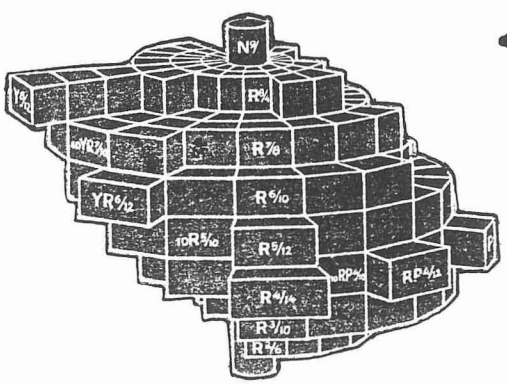
GOETHE



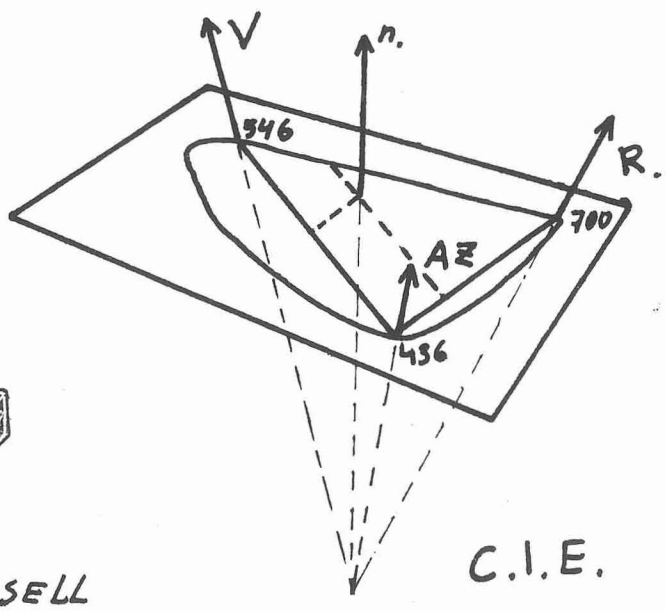
NEWTON



KLEE



MÜNSELL



C.I.E.

(GERRITSEN: 1976 p. 21 - 24)

Pero esta construcción, comenzada de forma natural por los artistas y los primeros teóricos del color, solo hace referencia a un "montón" de colores que sencillamente se "ven" y se ordenan siguiendo ciertas lógicas tan reivindicables unas como otras, ya que aquí no hay problema de verdad o mentira. Pero cuando la ciencia crea tecnemas-fórmulas o artefactos tales como "iluminación patrón" y "observador patrón" vinculados según fórmulas que sustituyen a lo real, crean relaciones de verdad-mentira según dichos patrones. Veamos, a nadie se le ocurre pensar si recordamos la formula de la caída libre de los cuerpos $s=1/2gt^2$ que la realidad de el espacio físico y tridimensional de nuestra percepción está dividido en trozos o segmentos, ya que dicha fórmula *"divide la caída según trozos, o segmentos, determinados por el tiempo (t), y la misma fórmula recompone, en todo algebraico - geométrico nuevo-, una trayectoria que no es ya la natural; la natural es ya simple material, no materia de dicha fórmula. La artificial, la científica, marcha tan bien como un televisor o radio, y científicamente mejor que la natural"* (Garcia Bacca: 1967 p.122)

De esta manera podemos caer en la tentación o en el error de pensar que el mundo real tiene una composición y un comportamiento "colórico" igual al que contempla la teoría de los colores, o lo que es lo mismo, que los colores contenidos en el triangulo C.I.E. o en el cubo de Münsell son entidades existentes al margen de lo humano o lo que sería peor, las únicas entidades-color existentes en lo físico no humano (digamos que son también físicos emergidos del estado neural humano, incluso por el de otros entes biológicos con sistemas neurales). Desde el mundo de los científicos no hay dudas al respecto ¿pero que ocurre

cuando estos conocimientos se vulgarizan e irrumpen en otras técnicas en las que se pierde ese caracter de "convenio" o "mediación" que tiene toda fórmula?... el dogma: "el rojo ES la suma de amarillo + magenta" solo es aplicable en artes gráficas o en la vida común siempre en un sentido cotidiano que facilite el entendimiento o la facilidad para hablar sobre ciertas cosas comunes de la percepción, pero en realidad, en el mundo físico (ver "interacciones con la energía electromagnética") no se da nunca la suma de longitudes de onda, ni el "rojo" ni el "magenta" son atributos físicos sino perceptivos, como bien sabemos.

Por lo tanto, debemos de tener mucho cuidado cuando tratemos con investigaciones que provienen de la técnicas como "artes gráficas", "medios de comunicación", etc, ya que los argumentos que podamos entender como científicos, no solo vendrán de la física (y que por lo tanto debiéramos de conocer), sino que además tendrán por añadidura una componente doblemente subjetiva (la de la fórmula + la de la opinión del sujeto) a la que se suma la componente sociológica, al estar contaminadas de las opiniones temporales, tales como la moda o corrientes artísticas. Ahora bien, esto no esta dicho con carácter peyorativo, sino que para las intenciones de este trabajo, mas que ayudar, estorban.

Esta claro que las respuestas al "qué" son difíciles de encontrar si bien debemos tener siempre presentes lo que nos dice la Física y en concreto la sicofísica. Pero también es obvio que no cubren todas las dudas que tenemos al respecto ya que como vimos en la primera parte,

desde el conocimiento de lo físico no nos surgen preguntas ni respuestas que tengan relación con los hechos perceptivos, ya que en lo físico no-biológico no hay colores y las formas son de otra naturaleza a la que entendemos aquí.

Incluso, el hecho de que los sucesos perceptivos sean físicos, no responde al "que" se percibe, si bien los perceptos, como tales, son percibidos fielmente a sí mismos (valga la redundancia o la paradoja),pero no consumiendo, por el contrario, todo el "qué" existente.

¿Quien nos responde al "como"?. Está claro que solo puede hacerlo aquella disciplina que tenga por fin conocer el sistema visual, tal como puede ser la neurobiología. Pero aquí nos encontramos con un problema, como es habitual. No solo se desconoce como se percibe, sino que es necesario saber lo "que" se percibe para investigar "como" lo hace el cerebro. Y viceversa, nos damos cuenta enseguida que para saber el "que" se percibe necesitamos saber como lo construye el cerebro. Esto es el nudo gordiano. Con toda probabilidad el "que" y el "como" es una misma cosa.

Este problema se concreta en las tecnologías punta, tales como la cibernética y en este caso la computación de imágenes. Aquí se reproduce el ejemplo nemotécnico de la igualación del ojo a una cámara oscura o fotográfica. Recordemos que he dicho "nemotécnico" y este es el secreto. De momento ninguna maquina "ve" ni "siente" ni es posible hacerlo si no tiene un bio-sistema nervioso central, por eso las relaciones de semejanza con máquinas solo es posible "nemotécnicamen-

te". ¿A que viene esto?, a que estas tecnologías están investigando exhaustivamente el sistema visual humano para poder crear "símiles" mecánicos, o sea, constructos o tecnemas. No dudo que algún día nos encontremos por la calle una máquina que nos llame por el nombre, nos de los buenos días, una palmadita en el hombro y nos invite a una taza de café, pero dudo mucho que emergencias o fulguraciones típicamente humanas, típicamente biológicas como el pensar o el tener sensaciones puedan ser sentidas por algo no-biológico. Será un símil, incardinable dentro de lo que es la evolución de la vida.

De momento lo primero que tiene que importarnos son los avances que se desprenden de esas investigaciones. Mas tarde nos plantearemos si una maquina puede "ver" o no el color, y que implicaría en el caso de que así fuese.

Y podemos resumir genéricamente las tendencias o niveles que devienen investigaciones donde el color o la imagen son sus fines:

1-aquellos conocimientos que provienen de la psicofísica, la óptica, la fotometría..etc

2-aquellos que provienen de la neurobiología, fisiología, etc

3-aquellos que rodean a los avances tecnológicos relacionados con la visión digitalizada.

Son direcciones en los que avanza la comprensión del fenómeno del color, sin tener que recurrir en exclusiva a la psicología de la

percepción, o al psicólogo como figura personificada, tal y como hemos hecho en los "antecedentes experimentales" de este mismo capítulo. Por el contrario, no podemos decir lo mismo del caso particular de la constancia o de las invarianzas ya que raras veces son mencionadas y solo en el caso de Land y en el de Gilchrist se presenta como motivación principal y que a la vez sirve como nexo con la primera parte de este punto.

Es evidente que no podemos dominar todo el espectro experimental, pero tenemos que los dos primeros puntos han sido ya tratados anteriormente y solo precisamos ver las teorías mas actuales que se mantienen sobre la percepción del color.

3.3.2.-TEORIA RETINEX DE LA VISION DEL COLOR

Esta es quizás la teoría mas polémica de todas, ya que ha sido de las mas criticadas en estos últimos años (Cohen, G.L.Walls, Marr, etc) y raras veces alabada. Por mi parte creo bien el incluirla aquí no solo porque me parezca de las mas plausibles sino porque sus propios críticos no han podido generar otras mejores (a excepción de Marr, tal y como veremos en el punto "teoría computacional").

Tiene sus fallos, evidentemente, ya que por sí sola no puede explicar muchas de las preguntas que nos hacemos sobre la visión humana, pero esto es general a todas las teorías, además ésta tiene la bondad teórica de explicar de forma sencilla el problema de como el cerebro puede ver el color, allí donde solo hay energía o caos electromagnético.

Esta teoría se debe a los trabajos e investigaciones de Edmund H.Land, McCann, Benton, Thomas H. Taylor y John A. Hall. Data del año 1959, cuando Land proyecta dos fotografías en blanco y negro, una con luz blanca y otra con luz roja (la roja tomada con filtro rojo y la blanca con filtro verde). El ojo tendría que ver solo color rojo, blanco y tonalidades de rosas. Pero el caso es que lo que se ve es una proyección multicolor. Gracias a esto, Land desarrolló a lo largo de muchos años una serie de experimentos con los cuales poder explicar éste fenómeno, y así mismo, concluirlos con una teoría, la denominada "Teoría retinex". Creo también necesario describir minuciosamente los

diferentes experimentos para que se vean los elementos objetivables de dicha teoría.

Experimentos preparatorios de MacCann y Benton.-

Siempre se ha pensado que los bastones eran totalmente independientes de los conos. Es verdad de que los bastones por sí solos no pueden producir sensación de color, pero se comportan de forma muy diferente cuando se les asocia a algún cono en umbrales por debajo de la producción de color. Esta es la base de los experimentos de MacCann y Benton (1969), MacCann y Land (1971) y MaCann (1972).

MacCann y Benton iluminaron un montaje de colores con una banda estrecha de ondas de luz de 550 nm, para luego ir elevando el nivel de la luz justamente por encima de la cantidad necesaria para hacer visible el montaje al ojo adaptado a la oscuridad. De esta forma, exclusivamente entran en funcionamiento el sistema hipersensible (bastones).

Posteriormente encendieron una segunda iluminación de banda estrecha de 656 nm, con su nivel ajustado lo suficiente para activar el sistema receptor de onda larga, pero no el sistema de onda media.

Así pues, de la combinación de estas dos iluminaciones solo entran en funcionamiento los bastones y los conos de onda larga. Sabemos que los bastones no son capaces de producir sensación de color y los conos

de onda larga sólo producirían una sensación roja, pero aún así la imagen resultante tiene una extraordinaria gama de colores, o sea, que le podemos asignar el mismo nombre al color que se observaría si la iluminación estuviese por encima del umbral de los conos. Esto, en palabras de Land se recoge como una sospecha de algo nuevo:

> *"... que la luminosidad recogida en dos bandas de ondas por sistemas receptores separados no es promediada punto por punto, sino que se mantiene distinta y es comparada. El sistema de bastones...la combinación, sin embargo, da origen a una amplia variedad de colores, a saber: rojos, amarillos, marrones, azul verdoso, grises y negros.."*
>
> (Land:1978 p.71)

MacCann, posteriormente repitió el experimento de Land con solo bastoncillos y conos de onda larga, para proporcionar una prueba de la hipótesis de que el color depende de luminosidades producidas por sistemas independientes:

> *"¿Es posible, en una imagen compleja que excita solamente los bastoncillos, producir dos diferentes luminosidades desde áreas que envían la misma radiación al ojo?. ¿Es posible combinar tal imagen de bastoncillos con una imagen vista por los conos de onda larga, los cuales tienen diferentes luminosidades, producidas por áreas que tienen la misma radiación?. ¿Producen estas áreas diferentes sensaciones cromáticas?. ¿Son éstas sensaciones consecuentes con la hipótesis de que los colores son determinados por comparación de luminosidades?."*
>
> (MacCann: 72 p.1255)

Usó dos proyectores con filtros de interferencia de banda estrecha, uno de 656 nm y el otro de 546 nm para iluminar la muestra entera. Usó transparencias fotográficas llamadas "cuñas contínuas", las cuales

aumentaban en densidad en una dirección, con lo cual no era necesario usar proyectores con fuentes de iluminación uniforme. Así mismo, las bandas de transmisión de los filtros eran suficientemente estrechas como para que la variación en los transformadores asociados a los proyectores, no afectarán a la distribución de la longitud de onda.

Si nos fijamos en la figura 3.33, el toldo y la puerta presentan gran disparidad de grises según sea extraída con filtros de onda larga o de onda corta. MacCann uso una transparencia (cuña) para que la energía del proyector de onda larga reflejase hacia el ojo el mismo porcentaje de onda larga tanto del toldo como de la puerta. Lo mismo hizo con el proyector de onda media. Así pues, cuando están encendidos los dos proyectores llegan al ojo la misma composición (del toldo como de la puerta).

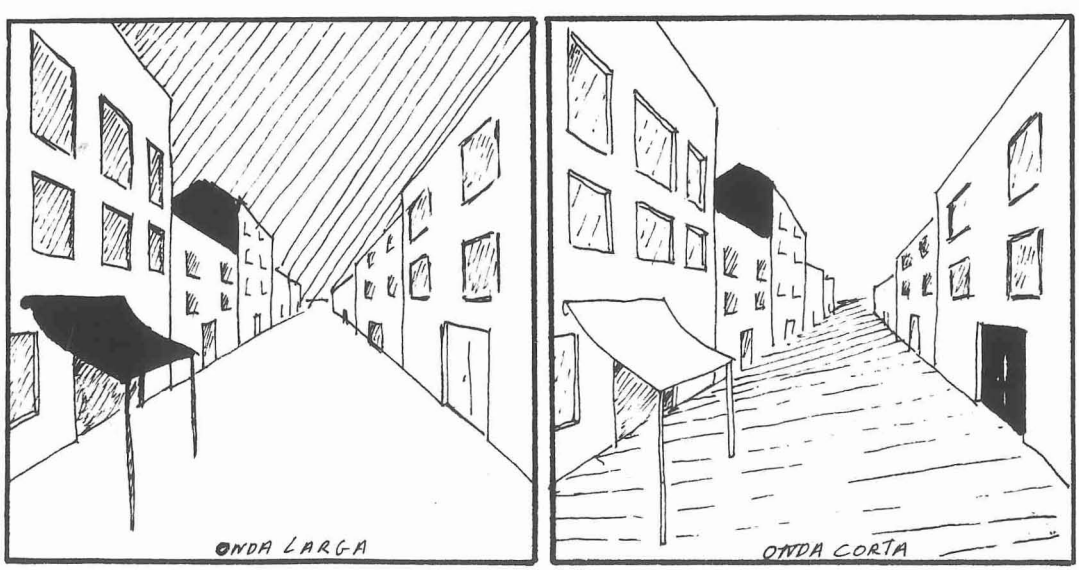


figura nº 3.33.- (elaboración propia basada en MacCann:1972 p.1255)

Después de muchas pruebas para encontrar el límite ($1x10^{-5}$ watt. sr^{-1} .m $^{-2}$) para el cual los conos de onda larga y media son activados, a la vez de hacer que estos mínimos sean reflejados por el cuadro hacia los ojos (ver MacCann: 1972 p.1256) dispuso que ésta energía llegase por debajo del umbral de los conos para la luz de 546 nm y ligeramente por encima, en el caso de la luz de 656 nm. Separadamente, las sensaciones del cuadro eran grises, pero conjuntamente la puerta era roja y el toldo verde, a pesar de que los centros de ambas áreas enviaban idénticos estímulos físicos.

Como se ve, el resultado es muy claro. Se parece un poco al anterior experimento, pero con la particularidad de que en éste, los estímulos eran los mismos. He seleccionado esta prueba porqué nos servirá de puente con el siguiente, haciéndolo mas accesible. De todas formas podemos decir:

NOTA 3.19.- Puede provocarse sensación de color (sino la única) por la interacción de la luminosidad captada por sistemas independientes (conos y bastones o triestímulos independientes de los conos).

Esto hace plausible la sospecha de Land. Para que sea cierta la nota nº 3.19, necesariamente la información retiniana recogida por los diferentes conos y bastones no puede ser promediada sino comparada, al menos en cuanto al color se refiere (puede ser promediada para otros fines).

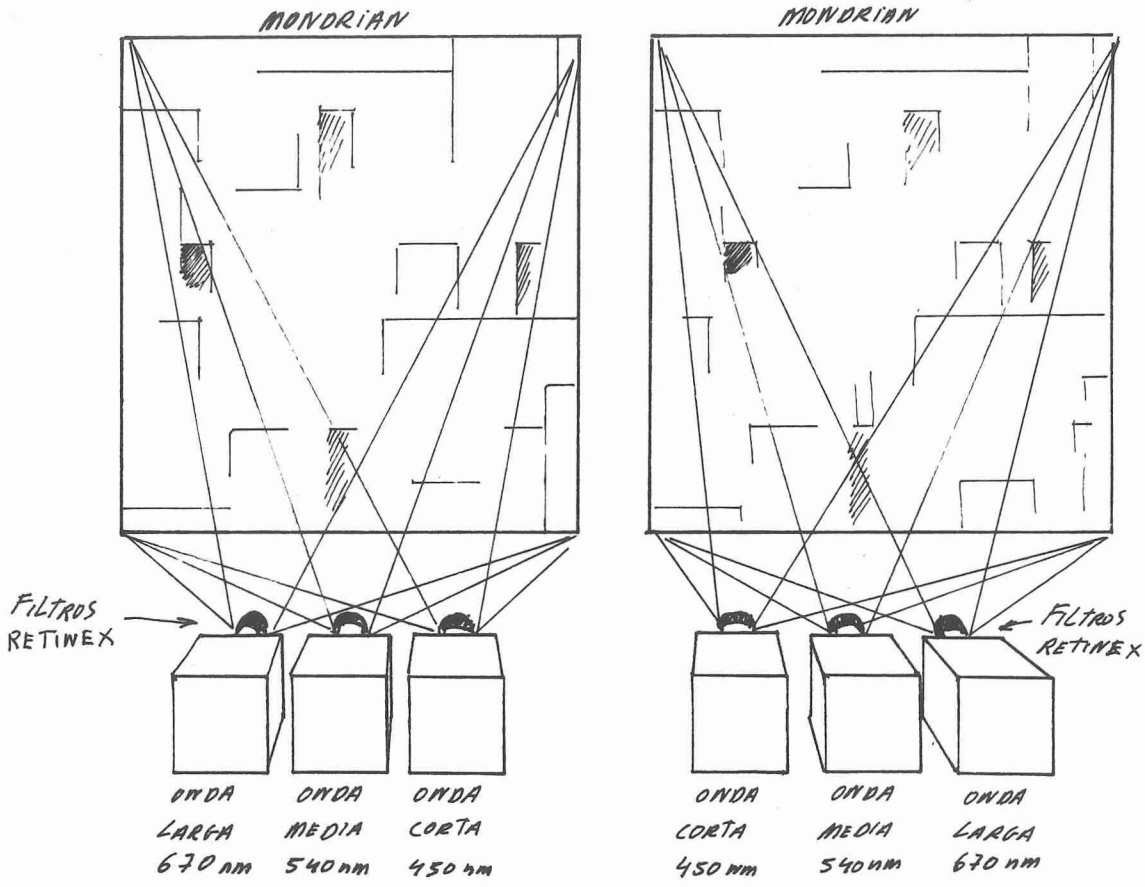
Experimento de Land sobre los Mondrian.-

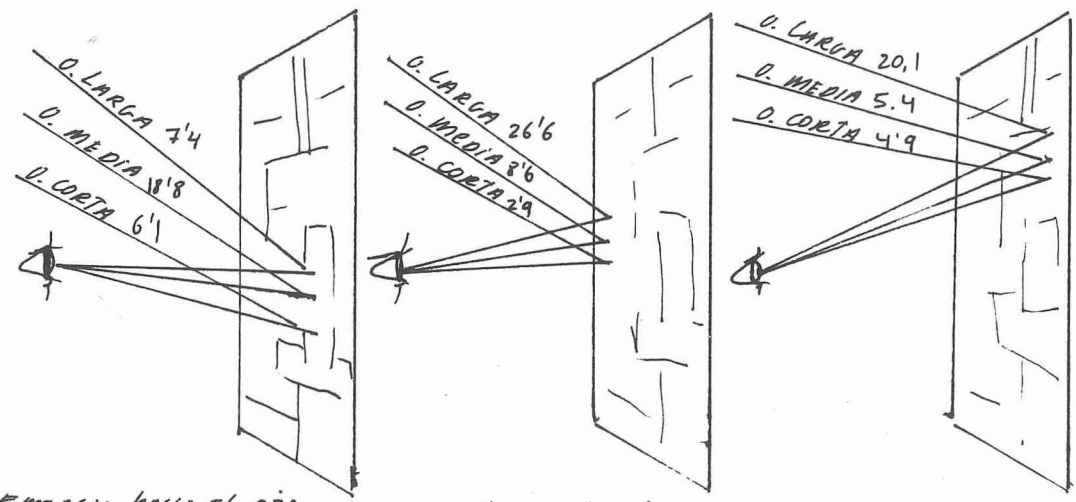
Este quizás sea el experimento mas destacado ya que hecha por tierra la teoría simplista de que el color se debe exclusivamente a la longitud de onda o al flujo de luz. Para ello Land construye dos paneles de 1'37 m de lado y los compuso con unas cien piezas de papeles coloreados y de diferentes formas cada uno. Así mismo cada color se encuentra rodeado por un mínimo de 5 o 6 colores diferentes. Todos tienen un mínimo de un 10% de reflectancia (excepto el negro) de superficies mate para reducir el efecto reflectante especular.

Así mismo, se completaban dichos elemento con seis proyectores, tres para cada uno, equipados uno con un filtro de 670 nm (onda larga), otro de 540 nm (onda media) y otro de 450 nm (onda corta) tal y como se dispone en la figura 3.34.

Colocados debidamente todos los elementos, Land comienza el experimento siguiendo los siguientes pasos (Land: 1978):

1)Se ilumina uno solo de los Mondrian. Se ajustan los focos para que todo tenga una coloración profunda. Los blancos son netamente blancos. Luego se apagan los proyectores.





ENERGIA HACIA EL OJO
LARGA = 5'8
media = 3'2
CORTA = 1'6

ENERGIA HACIA EL OJO
LARGA = 5'8
MEDIA = 3'2
CORTA = 1'6

ENERGIA HACIA EL OJO
LARGA = 5'8
MEDIA = 3'2
CORTA = 1'6

UNIDADES EN MILIVATIOS POR ESTEREORRADIAN POR METRO CUADRADO

FIG.- 3.34 (LAND: 1973)

2)Se enciende un solo proyector y se mide con un fotómetro telescópico la energía que llega al ojo desde una zona particular (por ejemplo, el blanco). Se repiten las mediciones para el segundo y tercer proyector. Así, para la zona blanca, las lecturas (en milivatios por etereorradián por metro cuadrado) son 65 unidades de onda larga, 30 unidades de onda media y 5 unidades de onda corta. Seguidamente se apagan los tres focos.

3) Sobre el segundo Mondrian se enciende el proyector de onda larga. Se selecciona una región de color diferente (desconocido) y se ajusta la luz de onda larga hasta que la energía de onda larga que llegue al ojo procedente del área seleccionada sea la misma que la energía de onda larga que en el punto dos procedía del papel blanco, o sea, 65 unidades de onda larga. Así mismo, se repite la operación para los otros dos proyectores hasta completar la tríada de energías (65, 30 y 5) iguales a las de la zona blanca. Luego se encienden los tres proyectores a la vez y descubrimos que el color es verde.

Land, infiere de esto, lógicamente, que la energía (reflectancia por iluminancia), lo único que llega al ojo, no está relacionada con la sensación de color. No cabe ni la menor duda de que el experimento es impecable, por lo cual no dudo en retomarlo para afirmar:

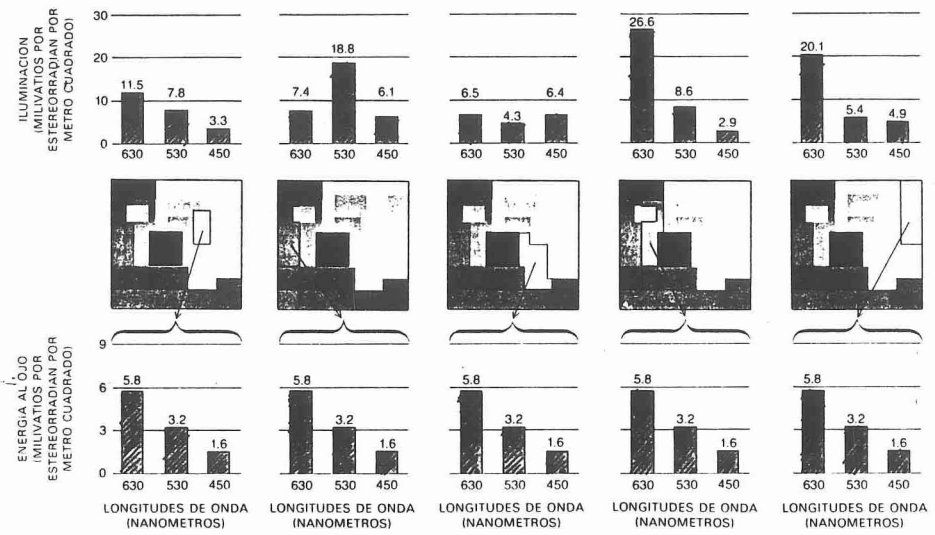
NOTA 3.20.- La sensación de color no está relacionada con la energía.

¿Pero como es posible que esto sea verdad?. Toda la primera parte de este trabajo hemos estado hablando de la energía electromagnética, de como interacciona con la materia, etc, como único elemento que nos llega al ojo y ahora resulta que no tiene nada que ver. No debemos, encambio, preocuparnos ya que tampoco hay duda alguna para afirmar que eso mismo es lo que llega al ojo. Aunque no esté relacionada con la sensación de color, sí tendrá que ser la base en la que el ojo lea e interprete, haciendo emerger lo físico-neural que es el color. Hablaremos mas detenidamente de esto en otro lugar. Ahora describamos otros experimentos.

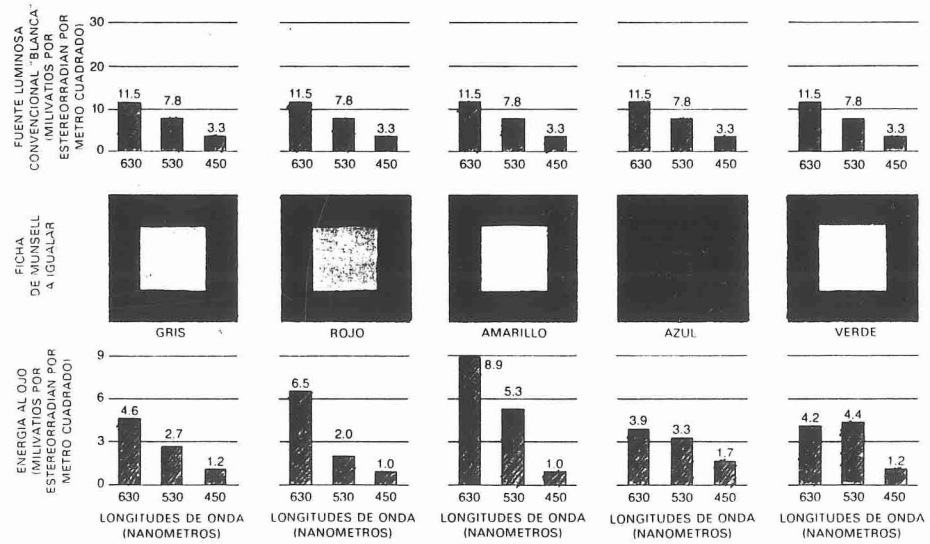
Complementos para el experimento del Mondrian.-

MacCann, Suzanne P. McKee y Thomas H. Taylor, parten de paneles parecidos al anterior pero con solo 17 colores. Aquí introduce a observadores que tienen que hacer coincidir los 17 colores del Mondrian (bajo fuentes diferentes) con otros papeles de color seleccionados del Munsell, bajo una fuente de color blanca.

Se seleccionan cinco colores distintos (gris, rojo, amarillo, azul y verde) y se preparan así mismo cinco experimentos diferentes, cada uno de los cuales va a estar iluminado de manera muy dispar, pero con la particularidad de que están ajustados para que el gris (en el primer experimento) mande la misma tríada de energías que el rojo (en el segundo experimento) que el amarillo (en el tercer experimento), etc.

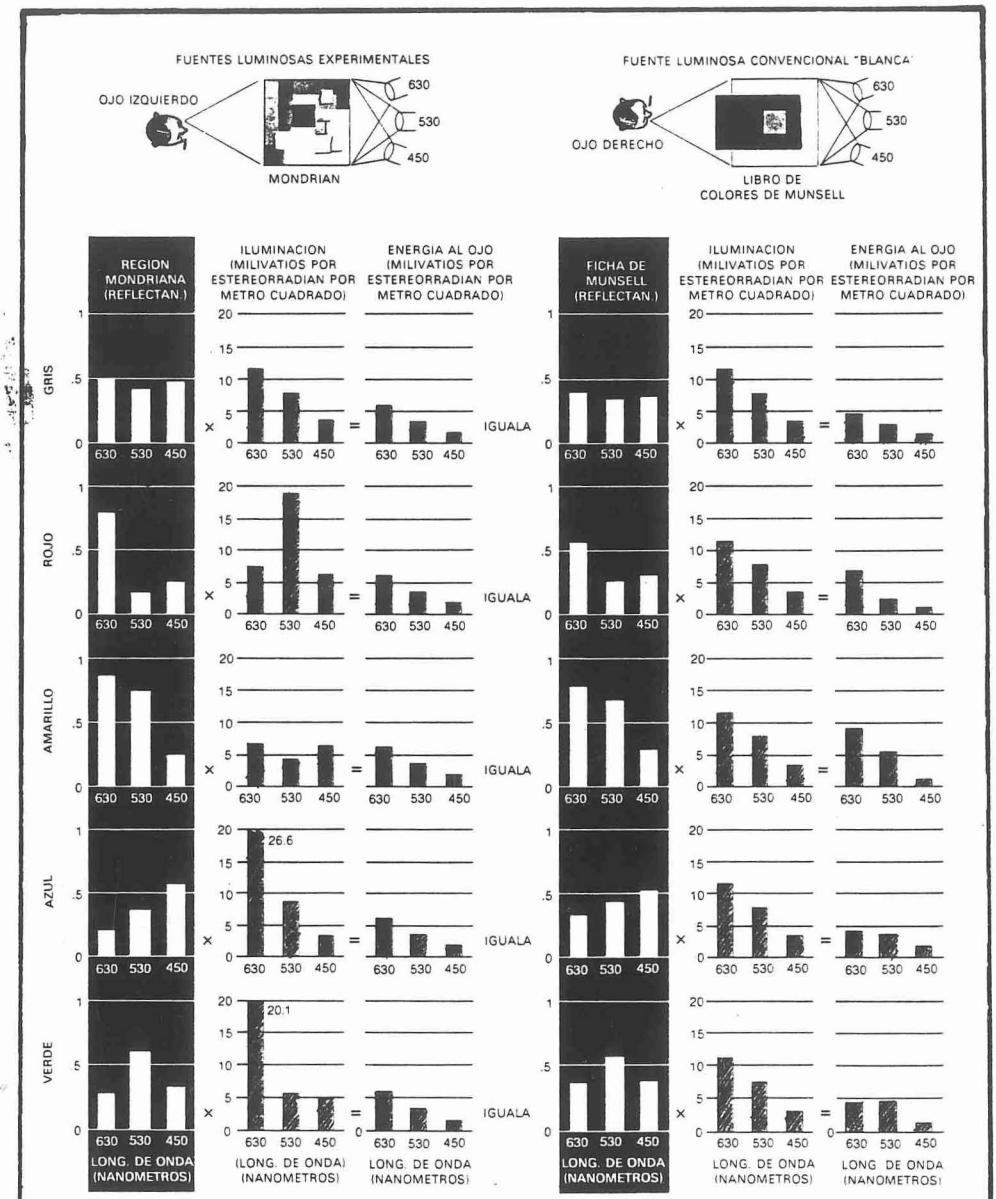


CANTIDAD RELATIVA DE FUENTE LUMINOSA de banda estrecha, utilizada para iluminar los Mondrian simplificados en el experimento de igualación con las fichas de Munsell; se ajustó tal como se muestra por las barras en la parte superior de esta ilustración: cinco regiones diferentes del Mondrian *(indicadas por flechas)* enviaban al ojo del observador, en pruebas de igualación sucesivas, el mismo tríptico de energías: 5,8 unidades de flujo de luz de onda larga, 3,2 unidades de flujo de luz de onda media y 1,6 unidades de flujo de luz de onda corta. La ilustración inferior muestra las fichas del libro de Munsell que fueron seleccionadas, bajo iluminación constante, para igualar las cinco regiones mondrianas (a saber: gris, roja, amarilla, azul y verde), las cuales habían enviado al ojo exactamente el mismo tríptico de energías.



FICHAS DE MUNSELL SELECCIONADAS por los observadores para igualar las cinco regiones mondrianas, que enviaban idéntico tríptico de energías al ojo. El libro de Munsell se iluminaba con una mezcla espectral constante de iluminaciones de onda estrecha *(barras de arriba)*, las fichas se veían rodeadas de un entorno gris constante. La energía enviada al ojo por las fichas de Munsell seleccionadas se señala en las barras de la parte inferior de la ilustración. Es evidente que la igualación entre las regiones mondrianas y las fichas de Munsell no está hecha en base al flujo de energía radiante que llegaba al ojo del observador. La ilustración siguiente describe su mecanismo de igualación.

FIG=3.35. (I. LAND, 1978 p. 69)



ANALISIS MAS AVANZADO del experimento de igualación. Empieza ya a identificar la base sobre la cual el sistema visual consigue la igualación de colores entre la región mondriana y la ficha de Munsell, independientemente del flujo que cada una de éstas envía hacia el ojo. La eficacia con la que una región determinada del Mondrian refleja luz en cada una de las tres bandas de onda (*primera columna*) multiplicada por la cantidad de energía que choca contra esa zona en cada una de las bandas de onda (*segunda columna*) nos da el tríptico de energía que alcanza al ojo (*tercera columna*). Las tres columnas de la derecha contienen datos comparables para las fichas de Munsell que se han seleccionado para igualar las regiones mondrianas. Mientras que la ilustración anterior muestra que el ojo no iguala los colores usando un "metro" que mida trípticos de energías, ésta muestra que, cuando se consigue la igualación, son las reflectancias de las dos regiones las que se corresponden.

FIG=3.36 (I.LAND, 1978 P.70)

Los observadores, en cada uno de ellos, miraban al Mondrian con un ojo y con el otro seleccionaban los colores del Munsell para igualarlos. Todas las particularidades del montaje se expresan visualmente en las figuras 3.35 y 3.36.

A pesar de la constancia de la energía que llegaba a un ojo, desde el Mondrian, cada observador, usando el otro ojo seleccionó fichas de Munsell que fueron grises, rojas, amarillas, azules y grises.

Esto se completa mas ampliamente cuando a cada color se le cambiaron todos los colores que le rodeaban, para ver si existía alguna combinación que cambiase "rotundamente" el color de prueba. Tanto en un caso como en otro, es que no hay manera (en estas condiciones) de hacer que el papel gris del Mondrian iguale o case con el amarillo, verde o azul del Munsell seleccionados por los observadores en el experimento.

De todas formas MacCann, John A. Hall y Land prepararon otro experimento, tal y como lo explican ellos:

> *"...repetir los experimentos Mondrian-Munsell de varias maneras, de forma que el promedio de la composición espectral de la luz alcanza al ojo desde el Mondrian y sus alrededores permanezca el mismo, independientemente de la composición espectral de la luz necesaria para establecer un tríptico constante de una región a otra. Hemos hecho esto en un caso, rodeando todo el Mondrian con papeles brillantemente coloreados y seleccionados de suerte que neutralizan exactamente el promedio de la mezcla de bandas de onda desde el Mondrian mismo; de un modo mas tajante, hemos hecho también el experimento separando las 17 regiones del Mondrian y colocandolas muy distantes sobre fondos de color contrastan-*

te. Ninguna de las composiciones tuvo efecto significativo alguno sobre las fichas de Munsell escogidas para igualar las diversas zonas del Mondrian..."

(Land, 1978 p.76)

Pero hay que encontrar el estímulo en el que se basa la percepción del color. De momento, los experimentos aportados solo dicen lo que no interviene, pero no arroja luz para saber en que se basa el ojo para interpretar el color. Land siguió sus investigaciones, que las ordeno de la siguiente forma:

Correlatos físicos de la sensación de color.-

"*¿Cuales son los equivalentes físicos de las luminosidades de los objetos entres bandas de onda aisladas, correspondientes a las sensibilidades espectrales de los pigmentos de los conos*?"- en estos términos se preguntaban Land, McCann, McKee y Taylor, antes de hacer las siguientes comprobaciones:

MacCann y sus colegas midieron la radiancia, o energía que llega al ojo, de las distintas regiones de los paneles usados en el experimento anterior. Así como de las fichas de Munsell resultantes de la igualación. La radiancia la midieron con un fotomultiplicador asociado a los filtros retinex, el cual daba una medida fruto de dicha combinación (fotomultiplicador-retinex). Luego se midió la radiancia integrada de una lámina blanca (con cada una de las luces con las que se iluminaba el Mondrian). Al dividir las radiancias del Mondrian por las radiancias del papel blanco, se halla la reflectancia integrada (que la

expresan en porcentajes).

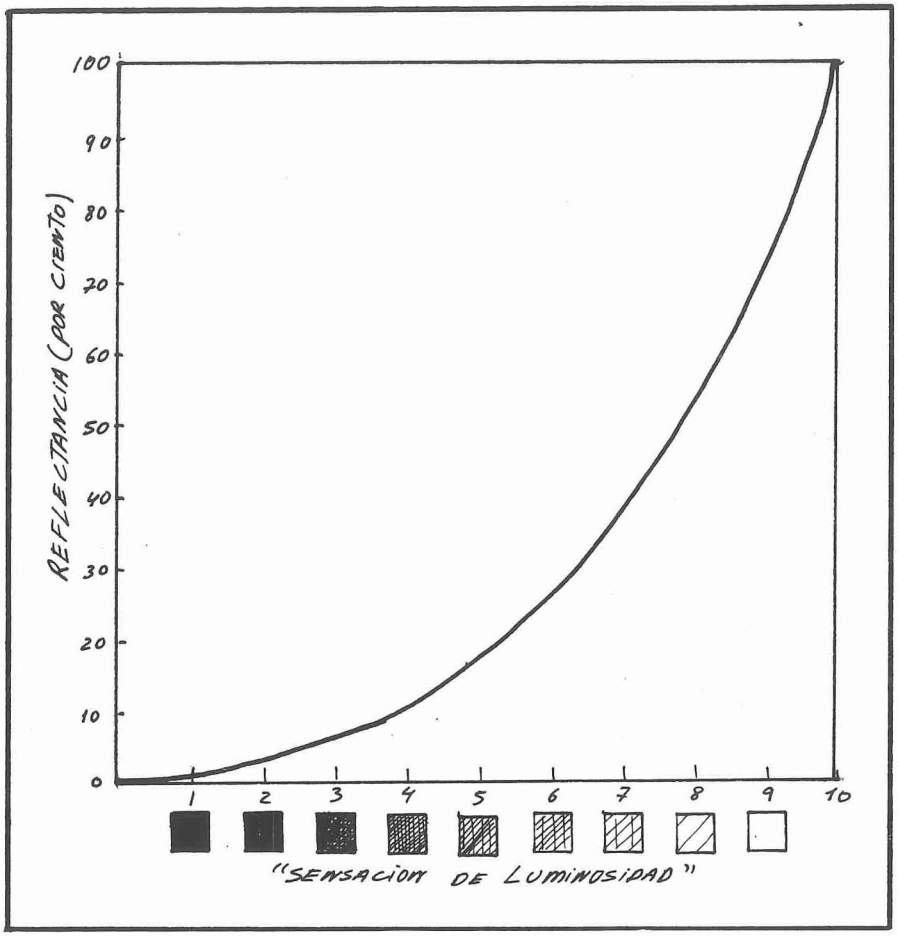
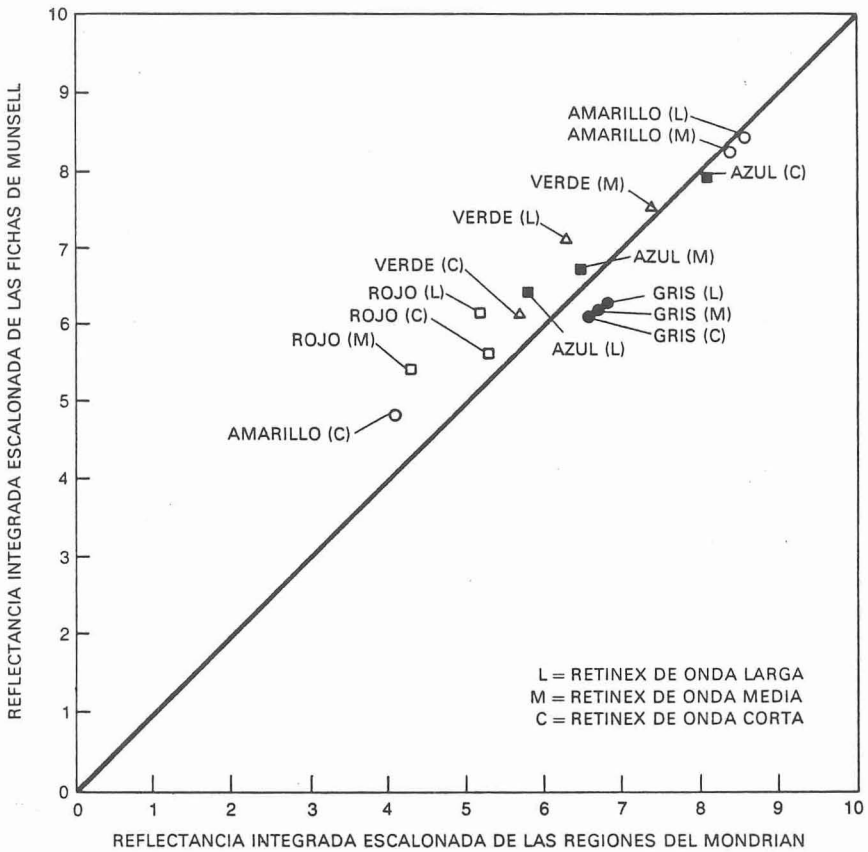


figura nº 3.37.- (Land: 1978 p.72)

De esta manera vieron que las reflectancias del Mondrian y de los colores Munsell seleccionados, tenían mas o menos la misma reflectancia integradas. Luego construyeron una gráfica de correspondencias de "sensaciones de luminosidad" con las reflectancias integradas. De esto resultó el concepto de "escalonamiento" de las reflectancias (ver figura 3.37). Este concepto aparentemente muy complejo, es mas sencillo



LA CONCORDANCIA EN REFLECTANCIAS INTEGRADAS ESCALONADAS entre las regiones mondrianas y las fichas de Munsell escogidas para igualar se esquematiza en esta gráfica, para los tres sistemas de banda de onda. Las reflectancias integradas escalonadas de las cinco regiones mondrianas y las fichas de Munsell de igualación se determinaron tal como se describe en la ilustración de la página 71. En esta gráfica, los trípticos de las reflectancias integradas escalonadas de cinco regiones mondrianas que enviaban flujos idénticos hacia el ojo se dibujan para su contraste con las reflectancias integradas escalonadas de las fichas de Munsell escogidas para igualarlas. Aunque los lunares muestran, colectivamente, correspondencia para las tres bandas de onda, cada punto particular denota el grado de correspondencia de una banda de onda retinex entre una región mondriana y una ficha de Munsell. Las estrechas correspondencias muestran que la reflectancia integrada escalonada es equivalente físico de la sensación de "luminosidad".

figura 3.38.-(texto y figura de Land: 1978 p.73)

de lo que parece, ya que nos induce al error al creer que existe una correspondencia de igual a igual entre la reflectancia y la luminosidad. Tal y como se ve, estamos hablando de "sensación de luminosidad" que no se corresponde con la luminosidad que pueda medir un aparato. Así pues la curva de la figura no coincide con los 45 grados. En cambio la figura nº 3.38, que es otro tipo de ejes coordenados (no confundir) los datos coinciden a lo largo de la línea de 45 grados.

Tal y como se ve, está construida para comparar los datos de las reflectancias escalonadas de las regiones Mondrianas y las de Munsell. En el texto de la figura se completa esta información. Así pues:

NOTA 3.21.- La sensación de luminosidad (elemento clave para generar la sensación de color) tiene su correlato físico en la reflectancia integrada escalonada.

Como se puede ver, estamos repitiendo algo que ya hemos comentado en el punto nº 3.2.1 cuando tratábamos el problema de la constancia de la brillantez. Ahora el cariz es distinto, el correlato del "albedo" lo denominamos reflectancia integrada escalonada, y nos es indispensable para encontrar (mejor, "construir") la sensación de color. No estábamos muy equivocados, de ser cierta esta teoría, cuando afirmábamos que la constancia pasaba por el "que" y el "como" vemos.

Medición ocular de las reflectancias.-

Pero el cálculo de las reflectancias integradas tenía como referencia a la reflectancia del papel blanco y ya sabemos que el mundo físico está continuamente cambiando tanto en iluminación como en otras cosas, con lo cual Land se planteó cual sería el sistema por el cual el ojo humano suplía el papel blanco del experimento.

"¿Como puede el sistema biológico generar una jerarquía y una espaciación de valores de luminosidad, conociendo sólo el flujo procedente de cada punto en una escena y desconociendo el patrón de iluminación, así como las reflectancias de los objetos?

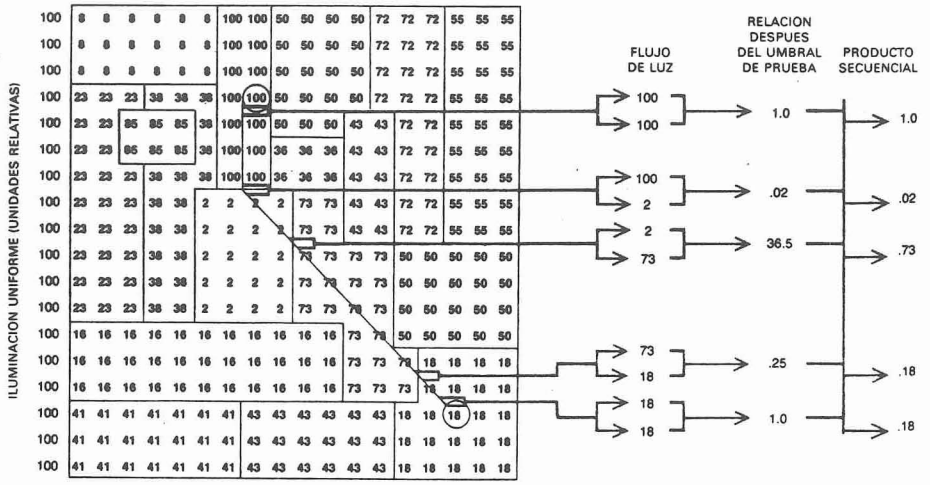
(Land: 1978 p.78)

Land, para intentar responder a esto se basa en el hecho de que las mediciones entre dos puntos muy próximos (insertos en una superficie diáfana, pero desigualmente iluminada), sus valores son los mismos. No ocurre así entre dos puntos suficientemente alejados, pero el ojo puede interpretar estos valores. Ocurre todo lo contrario cuando la superficie no es diáfana, ya que existen zonas donde la relación entre dos puntos muy próximos es brusca (caso de los bordes).Así pues, Land, volviendo a los Mondrian, según se ve en las figuras 3.39 a y b, mide las luminancias para dos casos, uno con iluminación uniforme, otro con iluminación gradual.

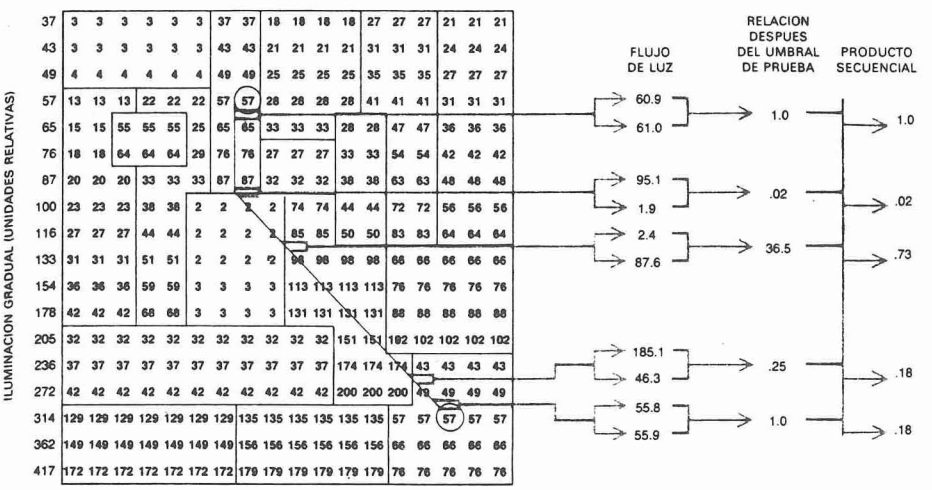
Los resultados son evidentes: existe una constancia para los dos casos, sus reflectancias, halladas según producto de las luminancias entre límites de regiones, según se desprende de la cita siguiente:

"dada la relación de luminancias entre los bordes de una primera región y otra segunda, multiplicamos esto por la relación de luminancias entre el limite de la segunda región y una tercera. Este producto de relaciones se aproxima a la relación de reflectancias entre la primera y la tercera regiones, independientemente de la distribución de la iluminación. De modo similar podemos obtener la relación de reflectancias entre dos regiones cualesquiera en una imagen por separadas que se encuentren..."

(Land: 1978 p.78)



EL METODO QUE SIGUE el ojo para descubrir luminosidad en imágenes complejas continúa aún pendiente de aclaración. Un esquema eficaz y pausible, desde el punto de vista fisiológico, aparece en esta ilustración y en la siguiente. Los números que figuran dentro del Mondrian esquematizado representan las radiancias integradas de onda larga, procedentes de cada zona de una composición uniformemente iluminada. El sistema retinex de onda larga independientemente "mide" la radiancia integrada de onda larga, punto por punto, como si lo estuviera haciendo a lo largo de un trayecto arbitrario *(color)*. El flujo en cada par de puntos sucesivos, e inmediatos, se convierte a una relacion. Esta relación se somete a una prueba de umbral: cualquier relación que se considere como un cambio debe diferir de la unidad en más de alguna pequeña cantidad de umbral (más o menos 0,003 en el programa de computadora). Si la relación no difiere de la unidad en esta cantidad, se la supone "invariable" y se la califica como igual a la unidad. Una segunda relación sometida a prueba de umbral a lo largo del mismo trayecto se multiplica por la primera relación para dar un producto secuencial que es al mismo tiempo la respuesta del modelo para ese punto y la señal emitida para ser multiplicada en la próxima relación. Cuando el trayecto cruza un limite entre dos luminosidades, existe un cambio brusco en la relación sometida a la prueba de umbral y, por tanto, un cambio similar en el producto secuencial. Aqui el trayecto comienza en la región blanca, donde el flujo de energia radiante es 100. Cuando el trayecto alcanza la zona marrón, abajo a la derecha, el producto es 0,18. El sistema retinex ha determinado entonces que la región marrón refleja 18 por ciento más energia de onda larga que la zona blanca. Cualquier otro trayecto que se termine en el área marrón conduciria al mismo resultado siempre y cuando haya pasado a través de la región blanca. Sacando el promedio de respuestas por cada región, calculadas por muchos trayectos arbitrarios, el sistema retinex de onda larga llega a un valor único de reflectancia por cada región, el cual indica la luminosidad percibida. Los sistemas retinex de onda media y corta computan sus propios conjuntos de valores de luminosidad. La comparación de los tripticos de luminosidad para cada región da la sensación de color.



UN CASO MAS REALISTA de iluminación graduada viene igualmente bien manipulado por el método del producto secuencial, para llegar al mismo valor de reflectancia de 0,18 en la región marrón al final del trayecto, aunque aquí el sistema retinex de onda larga recibe tanto flujo desde el centro de la región marrón *(57)* como desde el centro de la región blanca *(57)*. El esquema proporciona así un medio para llegar a la reflectancia calculada independientemente del flujo y sin recurrir a fichas blancas como patrón tipico de referencia. Los valores de flujo de luz a lo largo del trayecto se obtuvieron de un programa de ordenador que operaba con 75 valores entre cada dos valores impresos en el Mondrian.

Fig.- 3.39 (Land : 1978 p. 74-75)

Ahora bien, el ojo para poder hacer éste producto secuencial, que al fin y al cabo es un cálculo aritmético que se extiende a lo largo de todo el campo visual, tiene que saber de alguna manera cual es la región de mas alta reflectancia. A Land se le ocurre una manera un tanto alegre (ya que es una simple opinión) de responder a esto. Dice que todo comienzo de trayectoria del ojo se puede partir de un cien por cien, rectificando el producto secuencial cada vez que el ojo encuentre otra zona de mayor luminosidad.

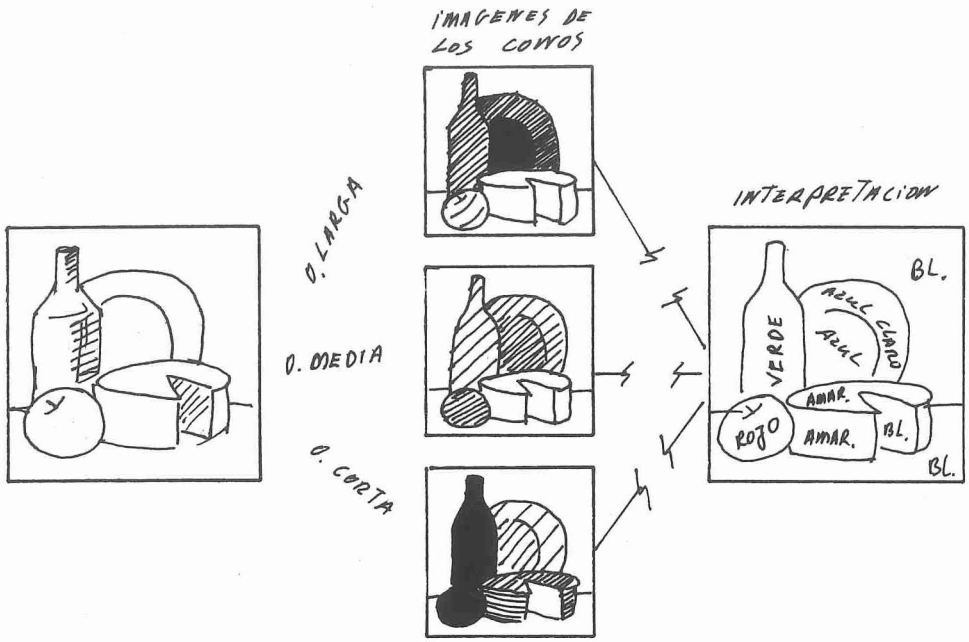
Pero tal y como vimos cuando hablamos sobre la retina, ésta bien pudiera encargarse de procesar este tipo de información pero no existen datos suficientes, con lo cual nos movemos en el campo de la conjetura.

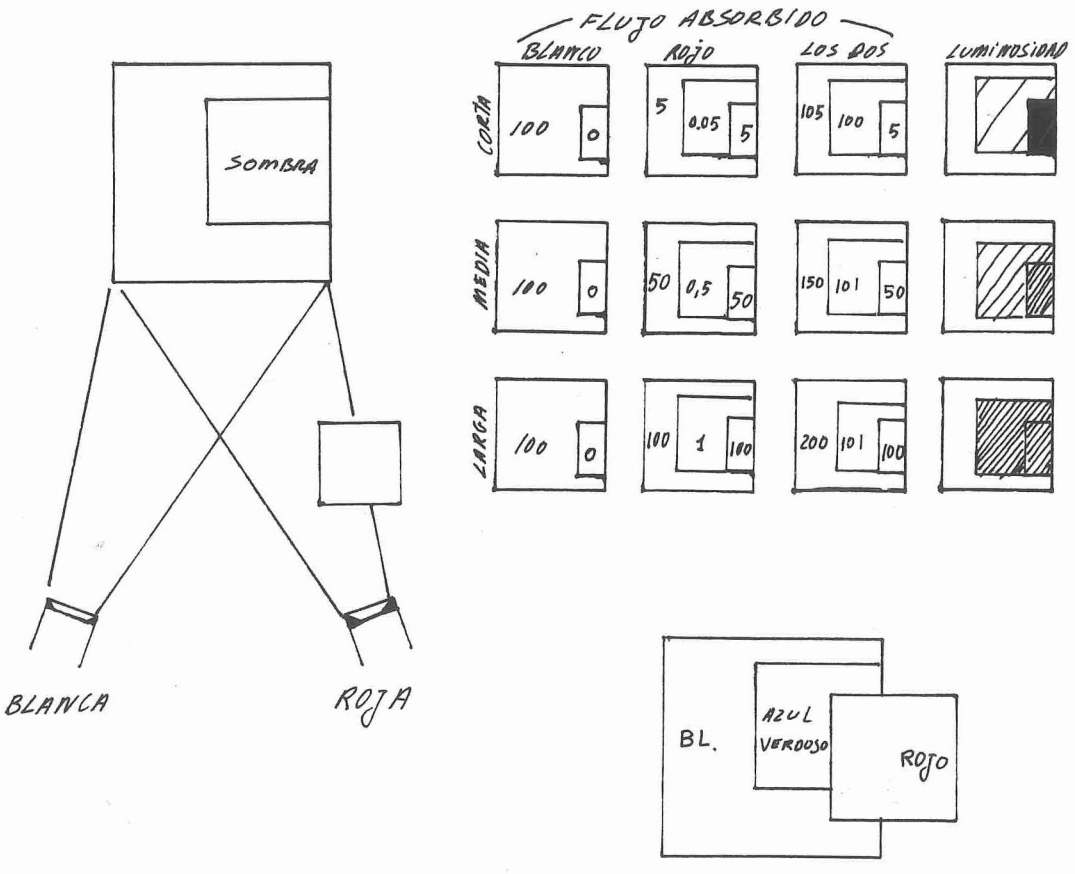
Resumen.-

Podemos dudar, ya que las razones dadas por Land sobre los correlatos físicos, o sea, sobre las reflectancias escalonadas, siguen siendo meras opiniones si bien debemos hacer justicia en cuanto que el resto de la teoría resuelve muchos problemas en cuanto a la posible interpretación de como funciona la visión del color. Podemos esquematizarlo así (ver figura nº 3.40), con las siguientes notas:

NOTA 3.22.- Podemos resumir la teoria retinex de la siguiente manera:

-dado un entorno real, el sistema retiniano compuesto de tres tipos de conos diferentes, va a absorber solapadamente tres cantidades asimismo diferentes de energía electromagnética.





INTERPRETACION DEL COLOR-SOMBRA SEGUN LA TEORIA DE TITX

(basado según ejemplos de Jard,78)

-Estas absorciones constituyen, en cada tipo de conos, por separado, una "imagen" (un mapa) de la realidad que no es igual a las demás imágenes de los otros conos.

-De las diferencias entre los tres estímulos, el sistema visual, coteja dichos valores y crea (se inventa) una sensación, a la que los humanos llamamos color.

-Ya que los triestímulos son independientes del flujo, el color tiene la categoría de "estable" sin mas complicaciones.

Tenemos que recordar que esta teoría como todas las demás, no están avaladas por sus correlatos anatómicos dentro del sistema visual, con lo cual es de esperar (a pesar de nuestro convencimiento) que sea modificada cada vez que se realice un nuevo descubrimiento fisiológico, psicofísico, etc)

3.3.3.- TEORIA COMPUTACIONAL DE D.MARR

Presupuestos filosóficos.-

Hagamos una breve presentación de los presupuestos filosóficos que anteceden a las afirmaciones y experimentaciones de Marr.

David Marr parte de la teoría representacional que no es otra cosa que una de las partes o denominaciones de la teoría computacional de la mente, si bien es mejor decir que esta "relacionada" con dicha teoría o postura filosófica, ya que también tiene relaciones o lazos con el mentalismo y el funcionalismo mental. Para muchos son casi una misma cosa, pero es mejor hacer ciertas diferenciaciones.

Por "mentalismo" se entendió como todo aquello que fuese contrario al conductismo (según los conductistas), o lo que es lo mismo, todo aquello que utiliza términos como alma, espíritu, psique, mente, etc, o como dice Ferrater Mora (1979 p.2182) todo aquello que recurre a la introspección.

Antecedentes mentalistas los tenemos en Descartes, Locke, Hume, Berkeley, Kant, Mill y James, o si hacemos caso a los conductistas, a toda la filosofía anterior. Ahora bien, estos filósofos no son una misma cosa ni siquiera tienen una idea común. La teoría computacional usa elementos que no existian en la época en que éstos últimos vivie-

ron y muchas veces nombrarlos no son mas que coartadas históricas. Estas teorías estan insertas, como muchas otras, en el problema mente-materia al que nos referimos en capítulos anteriores. los funcionalistas, a sí mismos no se consideran ni dualistas ni materialistas, sino un intermedio entre ambas, tal y como nos lo afirma Fodor: *"ha surgido, a partir de la reflexión filosófica sobre los avances en inteligencia artificial, en teoría de computadoras, en lingüística, cibernética y psicología, una filosofía de la mente llamada funcionalismo, que no es ni dualista ni materialista."* (Fodor 1981/a p.62) Sea de una forma o de otra, distinguen entre dos aspectos distintos:*"... la psicología de un sistema no depende del barro de que está hecho (células vivas, elementos metálicos o energía espiritual), sino de cómo está estructurado y organizado ese material"* (Fodor: 1981 p.62), que implica el conceder a las máquinas, seres humanos y espíritus incorpóreos, estados mentales.

Si recordamos, para los dualistas la mente no es una sustancia física. Por el contrario, para el materialista lo mental es físico, o lo que es lo mismo, que los estados mentales son causados por los estados neurales. Pero también vimos que existen muchas fases intermedias, muchas corrientes de pensamiento entre lo que serian estas dos caras del problema.

Para Fodor, esta teoría ha sabido recoger todo lo mejor de las filosofías desde el materialismo al dualismo, sobre todo con la compatibilidad del fisicalismo de casos o la identidad materialista de que la causalidad mental es una especie de causalidad física (ver Fodor,

1981 p.67)

El caso es que el funcionalista siempre retorna a justificarse con las computadoras, aduciendo la independencia entre el Software, o soporte lógico del sistema, y el Hardware o soporte físico. Esto da pie, tal y como se deduce de la nota siguiente, la introducción del término "representación", ya que cualquier máquina tipo Turing, al trabajar con símbolos, trabaja con representaciones: *"una de las tendencias importantes en las ciencias cognitivas es la de considerar a la mente fundamentalmente como un dispositivo que opera con símbolos. Si se puede definir funcionalmente un proceso mental como una operación con símbolos, entonces hay una máquina de Turing capaz de efectuar la operación..."*(Fodor: 1981 p.70), o esta otra: *"concebir un sistema (por ejemplo, el sistema nervioso) como una computadora es preguntarse por la naturaleza del código en el que computa y por las propiedades semánticas de los símbolos del código (...) no hay cálculo de computadora sin representación"* (Fodor: 1981 p.74).

Está claro que en las deducciones de D. Marr y en sus construcciones teóricas utiliza esta dualidad, estas dos facetas distintivas entre lo que sería el Software y el Hardware, entre lo que serían las neuronas y un cálculo matemático implementado en ellas.

Él mismo descubre su parentesco con la teoría representacionalista (Marr 1982 p.17), pero lo que realmente denota esta pertenencia ideológica son sus bases experimentales o sus motivos de búsqueda: *"aunque es muy fácil acceder de modo empírico a los algoritmos y los mecanis-*

mos, es el nivel superior, el de la teoría de cálculo, el que tiene una importancia crítica desde un punto de vista del procedimiento de información. La razón de ello es que la naturaleza de los cálculos que subyacen a la percepción depende más de los problemas de cálculo que deben resolverse que del soporte físico particular en el que se implementan las soluciones. Expresándolo de otro modo, es probable que sea mas fácil comprender un algoritmo si se entiende la naturaleza del problema que se está resolviendo que si se examina el mecanismo (y el soporte físico) en el que se encarna." (Marr 1982 p.36).

Esta claro, no solo le da mas importancia a la teoría de cálculo, sino que con ello diferencia las dos facetas representacionalistas, al distinguir a ésta de su soporte físico.

Lo que no esta tan claro, es saber lo que quieren decir cuando hablan de <u>representaciones</u> <u>mentales</u>, si se refieren a estructuras objetivas o formales, o sea, "publicas", tal y como lo denomina Kant (en Ferrater Mora, 1979 p.2848). o por el contrario, se refieren a representaciones y experiencias mentales o subjetivas tal como los conceptos de "modelo", "esquema", "plan", o como se expresa F.Mora: *"en un sentido similar a como una partitura puede servir de punto de partida para una "representación", que da origen entonces a experiencias privadas y a "representaciones" privadas."*(F.Mora 1979 4 p.2848)

Ahora bien, en unos de los experimentos en los que se suelen basar para describir la actuación interactuante de las mentaciones entre si,

es el de Lynn A.Cooper y Robert N.Shepard. Estos parten del consabido argumento de N. Chomsky en el cual se evidencia que la conducta lingüística tiene como guía unos esquemas innatos que habían sido ignorados por completo por parte de los conductistas, pero esta teoría no es *"necesariamente una especulación filosófica, sino una hipótesis empírica relativa a la estructura de la mente humana en cuanto posee una gramática universal capaz de engendrar, una vez recibidos los estímulos y las informaciones pertinentes, un número infinito de oraciones en cualquier lenguaje"* (F.Mora, 1979 p. 2182).

Cooper y Shepard, en su experimento, parten de objetos que difieren en tres aspectos, al presentarlos por parejas (ver figura nº 3.41):

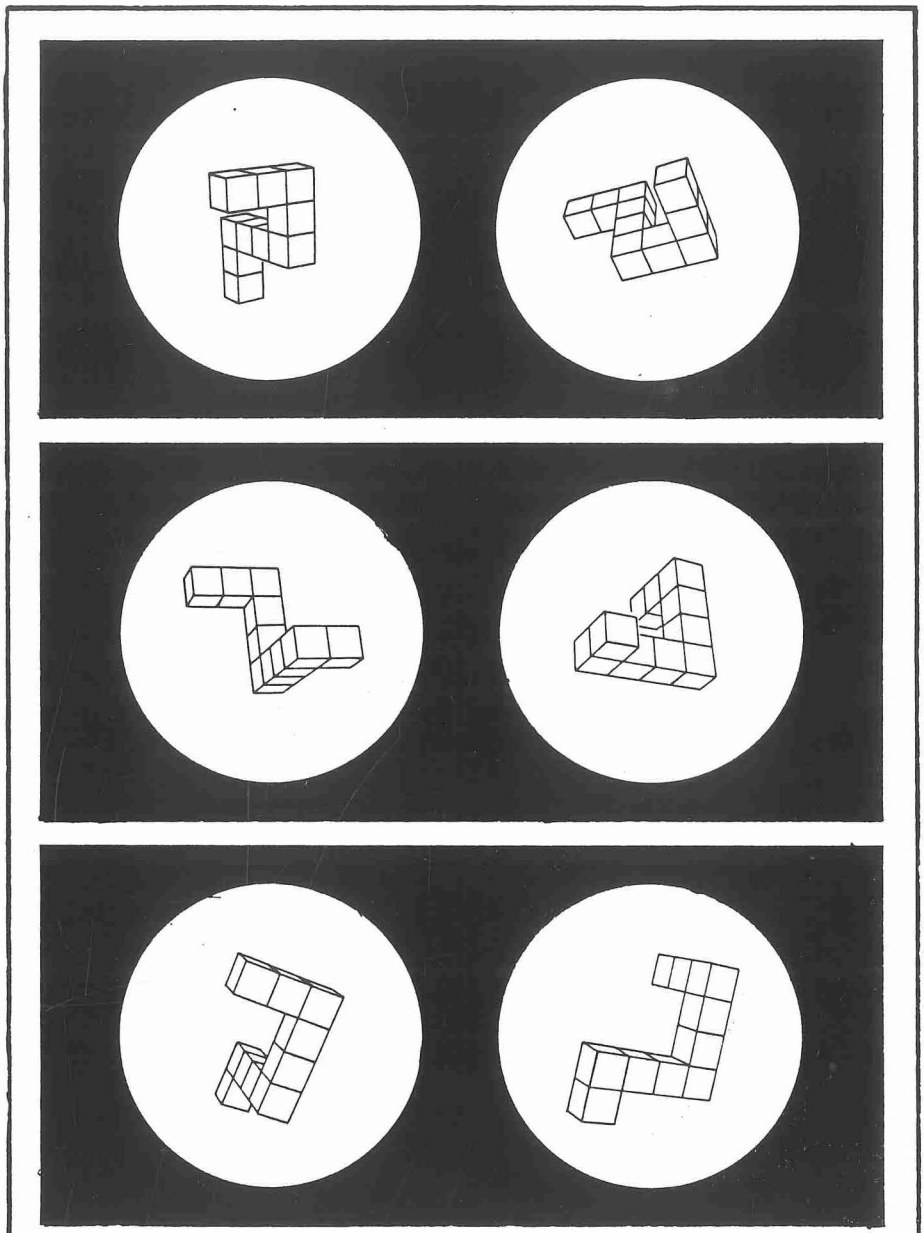
-objetos idénticos pero en posiciones que difieren en su rotación dentro del plano de la figura.

-objetos cuyas orientaciones difieren en la profundidad de su rotación

-un tercer tipo de objetos de forma anantiomórficas (especulares)

Esto hace que los sujetos a experimentación no pudiesen basar su comparación en rasgos superficiales de los estímulos, ya que los dibujos eran idénticos o diferían en su reflexión espacial.

Los resultados, como cabría de esperar, apuntan hacia la idea de que los sujetos rotaban mentalmente la figura hasta hacerla coincidir con la del estímulo, con lo cual indica que las imágenes mentales



3. IMAGENES EN PERSPECTIVA presentadas a pares a los sujetos del primer experimento. Diferían en tres aspectos. En el primer caso (*arriba*), los dibujos mostraban objetos idénticos en posiciones que diferían en su rotación dentro del plano de la figura. En el segundo (*centro*), las orientaciones dibujadas diferían en la profundidad de su rotación. Los sujetos determinaban la identidad de los objetos parejos de ambos tipos con la misma rapidez; en ambos casos imaginaban los objetos como cuerpos tridimensionales rotando en el espacio, no los comparaban. Un tercer tipo de dibujos utilizaba formas enantiomórficas.

figura nº 3.41.- Figura y texto en Lynn A. Cooper y R. N. Shepard: 1985 p.72.

representaban la estructura tridimensional de los objetos ofrecidos y no simplemente los rasgos bidimensionales de los dibujos (ver L.A.Cooper y R.N.Shepard 1985 p.70). Pero no creo que de los resultados tengamos que inferir, necesariamente, esto último. El hecho de que se tardase mas en dar respuestas, proporcionalmente a la distancia (separación) entre las posiciones de giro del estímulo parece deducirse, en cambio, que se debe al hecho de aumentar las dificultades para poder reconocer la figura o relacionarla con la primera. Yo mismo me he auto-realizado dicho experimento, pero no he necesitado tener un "simulador de giro" para reconocer una figura o otra, sino, algo parecido al fenómeno-phi investigado por Wertheimer ya en 1912, o sea, haciendo como en el cinematógrafo, machacando un dibujo sobre otro hasta formar un "movimiento aparente". Y de la coherencia de dicho movimiento saldría mi respuesta, siendo mas lenta según aumentase el ángulo de giro entre las dos figuras, tal y como hallaron Cooper y Shepard. Por lo tanto, aun siendo los resultados iguales, los métodos supuestos para hallar las respuestas son muy diferentes, aunque las dos son igualmente de problemáticas, ya que sin necesidad de experimento alguno, bolitivamente podemos crear imágenes mentales de cualquier dibujo de ésos en múltiples posiciones, incluso creando un "continuo" de ellos. Con lo cual, en cierto sentido, es verdad que tenemos un simulador de giro o algo similar ... en el mismo sentido que tenemos simuladores de transformaciones topológicas (si cerramos los ojos y pensamos como la taza de café que tenemos delante, se estira, alarga, desdobla, o regenerea ... como el chicle) o simuladores de color (a esa taza que se transforma podemos añadirle el fenómeno de que cambia constantemente de color, incluso con un orden ... del rojo al amarillo pasando por el gris)... o un simulador de

vida cotidiana (veo pasear gente por la calle, pararse en los semáforos... etc). Aunque parezca que el tono es de broma, el caso es que realmente es un problema y el experimento de Shepard y Cooper no lo resuelve.

Por todo esto, y por mas que explicaré mas adelante, dudo mucho de la justificación filosófica, no así de ciertas afirmaciones e innovaciones introducidas por D. Marr en el espectro de las teorizaciones sobre la percepción.

Tratamiento de la percepción del color.- Inferencia de la forma a partir de las reflectancias.-

El fuerte de la teoría computacional de la percepción está basada en una buena cantidad de algoritmos matemáticos con los cuales se pueden analizar, transformar e inferir de ciertos datos iniciales, otros tipos de datos nuevos mas ricos y que tienden a asemejarse al "como" se percibe. La forma, el tamaño, o la geometria de un objeto puede ser inferida del movimiento, la estereoscopia, el gradiente de textura, etc, gracias a dichos algoritmos. Aunque nos recuerde a Gibson, la diferencia es que aquí tienen estructura matemática.

Esta es una de las causas por las cuales el tratamiento de la percepción del color por parte del psicólogo-computacionalista no es muy diferente a lo que venimos tratando hasta ahora, a excepción del hecho en el cual se utiliza alguno de sus atributos (la reflectancia,

por ejemplo) para inferir de ella la forma.

De esta manera, antes de entrar directamente con los planteamientos de D. Marr prefiero dejar claro la manera en que es tratada la percepción del color, mas aún cuando no se ha podido avanzar nada en cuanto a lo planteado hasta ahora .

Podemos, por lo tanto, describir un par de ejemplos en los cuales se ve la importancia y la plausibidad de algunos planteamientos, así como el nivel de complejidad con el que se enfrentan. Uno de los ejemplos mas brillantes en cuanto a la manera de como el sistema visual puede inferir la forma a través del sombreado, la tenemos en Horn. Parte de la identificación de la distancia entre el observador y el objeto como la tangente de "θ", (ver figura nº 3.42) o lo que es lo mismo, la tangente del ángulo de la pendiente de dicho punto, lo cual esta directamente relacionado con la orientación de dicha superficie. Si recordamos lo que hemos dicho en "sucesos opticos" de la primera parte, la orientación es de suma importancia sobre todo para ciertos fenómenos y ciertas características electromagnéticas. Pero, también es muy importante la dirección de la iluminación, la reflectancia, etc o todas las variables que hemos aislado y que nos han valido para argumentar la naturaleza caótica de la distribución electromagnética. Esto hace que hoy por hoy, empleando algoritmos suficientemente potentes (como lo ha hecho Horm, según D. Marr 1982 p.235-241), o sea, capaces de crear imágenes coherentes y constatables experimentalmente con efectos similares a los que ocurren físicamente (por ejemplo, el sombreado de un paisaje), solo sea posible hacerlo sobre programas en

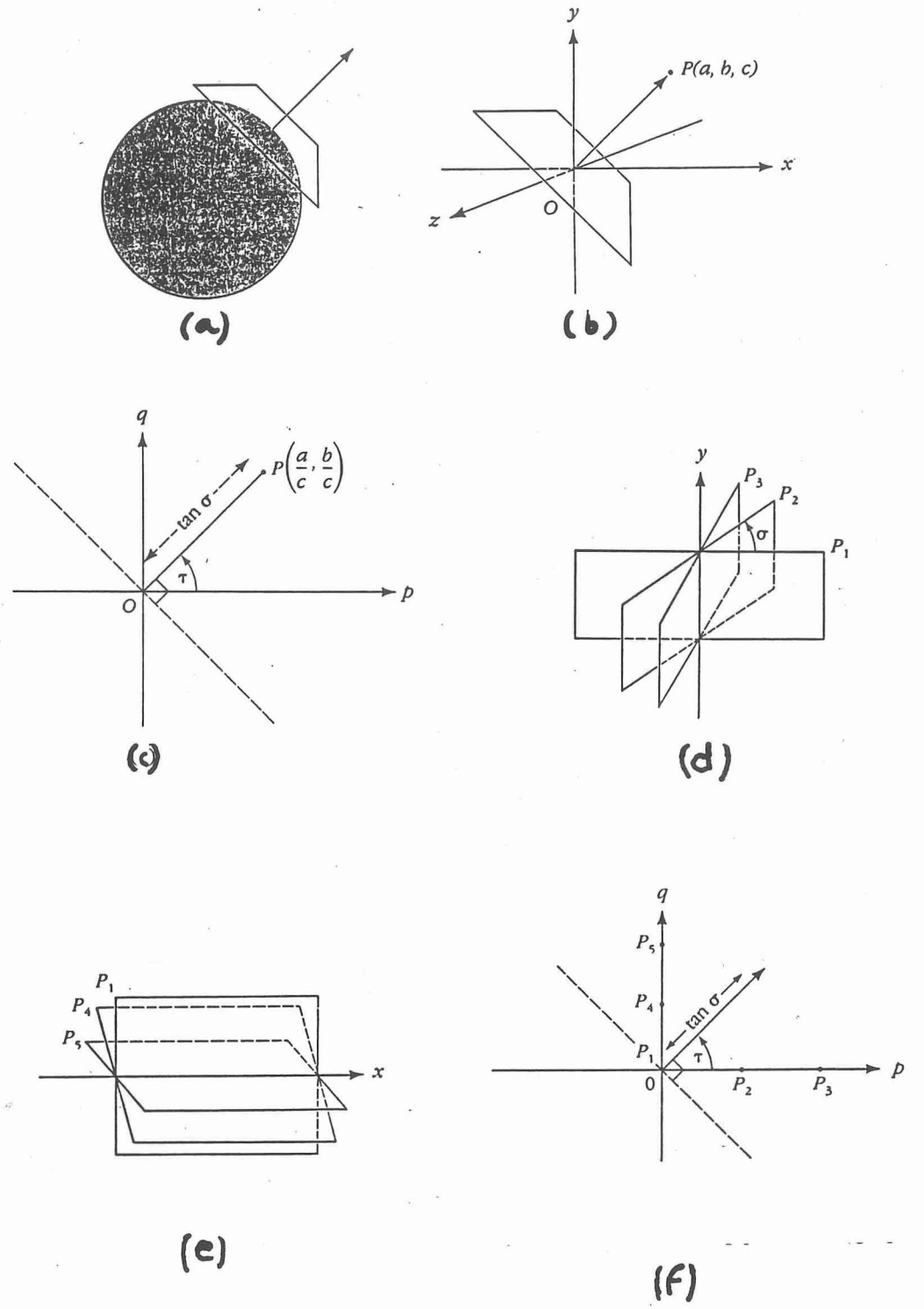


Fig.-3.42

La normal local a la superficie (a) puede representarse como un vector (a,b,c), como en (b). Dado que únicamente interesa la dirección del vector, se puede reducir esto a (a/c, b/c, 1), que puede representarse como un vector bidimensional igual que en (c). La orientación del plano frontal P1 corresponde al origen en el espacio (p,q). Como el plano está rotado alrededor de la vertical, (d), el punto correspondiente en el espacio de gradiente se nueve a lo largo del eje p (P2,P3), como se muestra en (f). Si el plano rota alrededor del eje horizontal x, como en (e), su representación en el espacio de gradiente se moverá a lo largo del eje q (P4,P5).

los que se conocen de antemano los mapas del paisaje, las reflectancias de sus superficies, la hora y las coordenadas de un observador hipotético. Si bien es muy útil técnicamente, no aporta nada sobre nuestro problema, ya que no existe ni la mas mínima probabilidad de que el sistema neural lo haga de esa forma. Posiblemente estemos ante otro símil como el que existe entre la cámara oscura y el ojo.

Una segunda manera de inferir la forma gracias a las reflectancias, es la propuesta por Woodham, Horn y Silver (en Marr, 1982 p.242) y que de forma muy coloquial tiene su fundamento en la comparación de los mapas de reflectancia tomados a distintos tiempos o incluso a distintas horas del día, pero parece ser que es, así mismo, improbable que sea el utilizado por el cerebro.

Si bien no han podido lograrse resultados contundentes al respecto, también es verdad que mucha culpa la puede tener el hecho de que tales informaciones (la reflectancia, el brillo, etc) no estén implicadas en tales menesteres

En cuanto a la tónica llevada a cabo en puntos anteriores, las opiniones sobre el color son exactamente las mismas. Distinguen y separan, para su análisis, la brillantez, la luminosidad y el color (matiz), haciendo, eso si, hincapié en la función de los bordes. Es interesante anotar el hecho de que cuando existe un cambio de brillo, éste puede ser debido a un cambio brusco o a uno suave, o a un cambio en la orientación. Así, el ojo cuando extrae un borde lo hace de la propia forma (cambio de orientación) o de un borde brusco (cambio del

brillo, una sombra, por ejemplo). El resto es una iluminación con cambio suave (ver "teoría retinex" de Land). Es interesante ver la puntualización siguiente: *"En ausencia de cambios bruscos en brillo detectables como limites de sombra o alteraciones en la orientación de la superficie, puede suponerse que todos los cámbios no lineales en intensidad se deben a propiedades de la superficie"* (D. Marr 1982 p.254). Pero esto será tema tratado en otro lugar.

Los planteamientos de Marr: esbozos de la imagen.-

La teoría computacional de la percepción propuesta por Marr, hace exclusivamente hincapié en la construcción de la forma a partir de las imágenes. El color, el brillo, las texturas visuales, han sido relegadas a un segundo plano tal y como se expresa él mismo: *"parecía secundaria y podía quedar fuera de una teoría para la cual la tarea fundamental de la visión fuera una representación de la forma"* (D. Marr 1982 p. p.44) . Pero, por el contrario, una de las piedras angulares que sostienen su teoría, se basan en la detección de cambios de intensidad. Es a esto a lo que me referia cuando hacía hincapié en sostener la absoluta necesidad de saber el "que" y el "como" se percibe, ya que ello es lo que definirá al mas elemental de los constituyentes de las sensaciones o percepciones, tal y como lo es en D. Marr la captación de ceros (cambios de intensidad).

Marr se basa en dos aspectos parecidos a los de Land:

1-los cambios de intensidad de una imagen ocurren a diferentes escalas, o sea, habrá cambios paulatinos, medios y bruscos entre zonas limítrofes.

2-todo cambio brusco en dicha intensidad dará punta o valle en la primera derivada, o un "cero" en la segunda.

Pero si releemos el punto segundo vemos que no es del mismo tipo, o no se corresponde con la misma realidad del primero. Uno hace referencia a una observación directamente perceptible por la cual existen cambios de diferente intensidad de la energia electromagnética, tal y como hemos hablado largamente en "sucesos físicos" de nuestra primera parte. El segundo punto nos habla de un tipo de verdad teórica o de la observación del comportamiento de un aparato ante dichos cambio (un osciloscópio, lo que se infiere de los datos de la aplicación de una fórmula, etc).

A continuación parte de los factores que dan "valor" a la intensidad, tales como la geometria, las reflectancias de las superficies visibles, la iluminación de la escena y el punto de observación. *"El propósito del procesamiento visual inicial es el de descubrir cuáles son los cambios que se deben a cada factor y crear representaciones en las que se distinga entre todos ellos."*(D. Marr 1982 p. 49).

Marr nos dice que este objetivo se puede alcanzar en dos etapas, una, denominada esbozo primitivo, y otra esbozo en 2½ dimensiones (2½-D). Pero este esbozo primario está hecho sobre la base de las cons-

tricciones o imposiciones que las múltiples organizaciones espaciales imprimen en los cambios de intensidad que conforman la imagen. O lo que es lo mismo, *"esta organización se refleja en la estructura de las imágenes...y se recoge gracias a los marcadores de lugar (bordes, sus terminaciones, barras, manchas, etc)"* (Marr 1982 p.58). Pero los presupuestos físicos que se encuentran detrás de estos marcadores de lugar son definidos como:

1-Existencia de superficies= el mundo visible esta compuesto de superficies lisas que tienen funciones de reflectancia cuya estructura espacial es posible elaborar.

2-Organización jerárquica= la organización espacial de la función de reflectancia de una superficie ha sido generada por varios procesos diferentes, actuando cada uno de ellos a una escala distinta.

3-Similitud= los elementos generados en una superficie dada por un proceso generador de reflectancia que actúa en una escala determinada tienden a ser mas similares entre si en su tamaño, contraste local, color y organización espacial que otros elementos de esta superficie, y es importante que así sea.

4-Continuidad espacial= a menudo las señales generadas en una superficie por un único proceso se organizan espacialmente están dispuestos en curvas o líneas y posiblemente crean patrones mas complejos.

5-Continuidad de las discontinuidades= las localizaciones de las discontinuidades en profundidad o en orientación de la superficie son suaves.

6-Continuidad de flujo= si la dirección del movimiento es discontinua en mas de un punto, por ejemplo, a lo largo de una línea, entonces estamos frente al límite de un objeto.

Así, podemos describir los pasos que se dan en el esbozo primario:

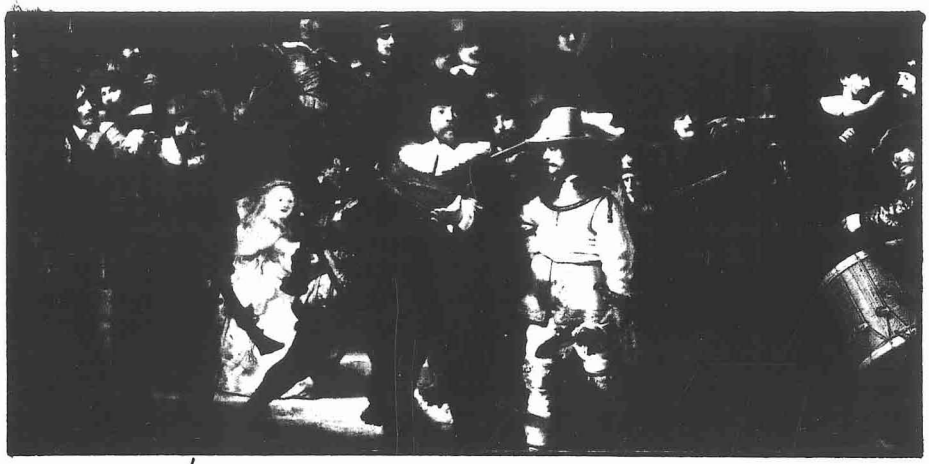
1-detección de ceros
2-formación del esbozo primario en bruto
3-la creación del esbozo primario completo

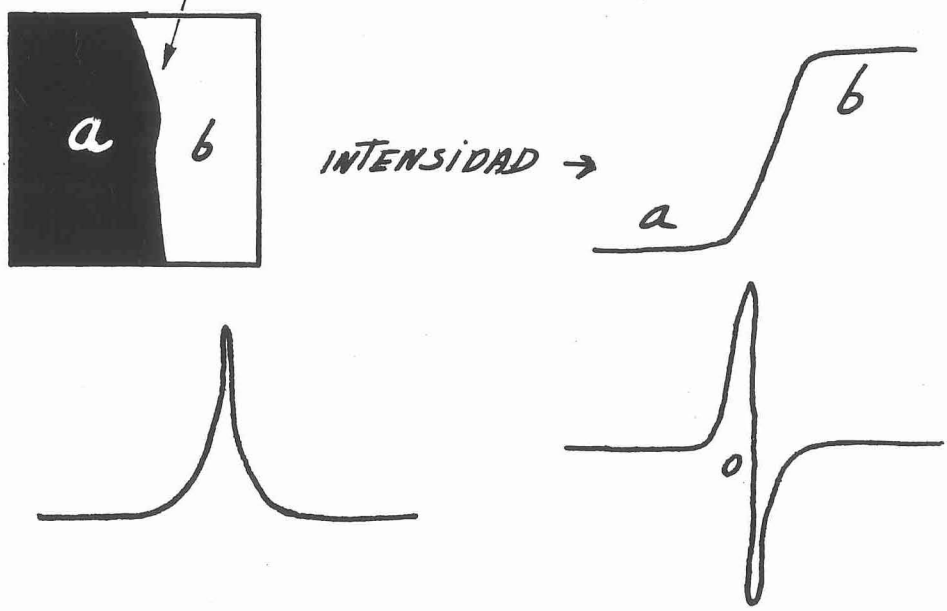
Evidentemente, la detección de ceros se refiere al paso que se efectúa entre dos porciones de superficie en la que hay diferente intensidad de luz, o lo que es parecido pero no lo mismo, distinta reflectancia.

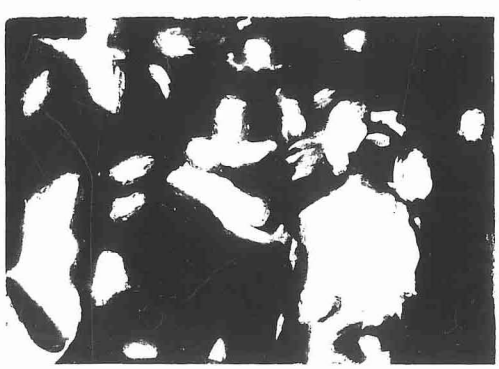
De esta forma, y para una mejor comprensión de la dimensión teórica de la proposición de Marr, seguiremos gracias a un ejemplo.

Sea la figura nº 3.43 la imagen generada por las variaciones de las intensidades de luz. Diremos que el paso entre a y b segregará un cambio brusco de intensidad que dará lugar a una punta o un valle en su derivada, tal y como vemos en la figura. La segunda derivada dará un cero, o paso por cero de la función.

Ahora bien, Marr nos habla de la existencia de dos tipos de filtraje de la información que podemos hacerle a esta primera imagen: la







A

B

Fig. 3.43. – ELABORACIÓN PROPIA

gaussaiana y el operador laplaciano. Una gaussiana opera bidimensionalmente y su resultado es una "difuminación" de la imagen. El operador Lapaciano lo que hace es captar ceros. Por lo tanto, la imagen de partida se convertirá en "A" y "B" según opere uno u otro. La detección de bordes vendría dado por el hecho de aplicar dicho filtro con gaussianas de tamaño diferente. De esta forma tendríamos imágenes binalizadas, lo cual facilitaría el hecho de poder distinguir que parte es mas oscura y cual la mas clara, a la vez de poder calcular la pendiente del cero, ya que depende del contraste del cambio de intensidad.

En cuanto al esbozo primitivo en bruto, el problema pasa por saber el "que hacer" con la información de los distintos canales (gaussianas de lapacianas). Marr parte de la idea de que todo aquello que pueda estar localizado espacialmente, necesariamente tiene que dar ceros cuando se le filtre por cualquier tipo de escala. Los contornos, pliegues, raspaduras, marcas, sombras y sombreados pueden ser localizados espacialmente, y por lo tanto darían ceros en su filtraje, pero de no ser en todos los tamaños, *"tiene que ser la causa de la interferencia provocada por dos o mas cambios locales de intensidad (al unirse dan la media de ambos) en el canal mayor o bien están actuando dos fenómenos físicos independientes, produciendo cambios de intensidad en la misma región de la imagen pero a diferentes escalas. (una línea que provoca ceros muy juntos entre sí, o una sombra coincidente con un cambio de reflectancia)"*(Marr 1982 p.76).

Ahora bien, para comprender la construcción del esbozo primitivo en

bruto, D. Marr define lo que llama supuesto de coincidencia espacial: *"Si un conjunto de canales $\nabla^2 G$ independientes de una gama continua de tamaños está presente un segmento de ceros y este segmento tiene la misma posición y orientacion en cada canal, entonces el conjunto de segmentos de ceros indica la presencia de un cambo de intensidad en la imagen que se debe a un único fenómeno físico (un cambio en la reflectancia, iluminación, profundidad y orientación de la superficie)"*((D. Marr 1982 p.76).($\nabla^2 G$ es el operador laplaciano aplicado a una gaussiana)

Esto implica, siguiendo a Marr, que el número de canales $\nabla^2 G$ para establecer la realidad física es de dos ya que para poder agrupar ceros que nos confeccionen un mapa del exterior en distintas cualidades, tal como reflectancias, iluminánciaS...etc, se necesita unirse entre ellos aquellos que coincidan, como aquellos que no lo hacen, evidenciando con ello el cambio de cualidad. Los canales mayores tienen que ser explicados por los menores.

Esto es el esbozo primitivo en bruto, la existencia de elementos tales como :bordes, barras, manchas y terminaciones..."*todos ellos tienen los atributos de orientación, contraste, longitud, anchura y posición*" (Marr 1982 p.77). Ver figuras nº 3.44.

Ahora bien, para su construcción, ¿cuales son las relaciones espaciales que es necesario hacer explícitas?... para esta pregunta que él mismo se hace, define como propiedades de la imagen 1) a la intensidad local media (causados por cambios en la iluminación debidos a altera-

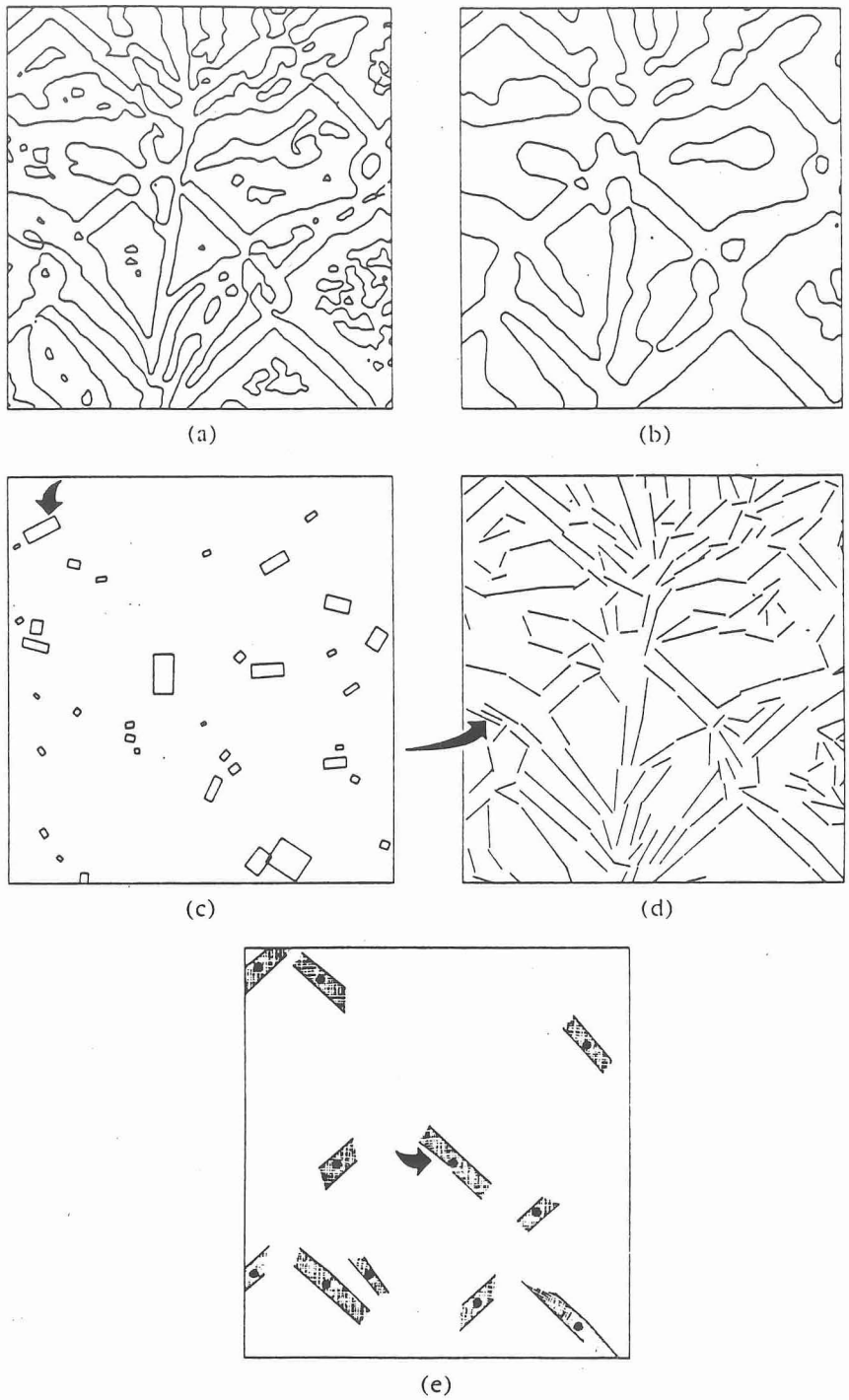


FIGURA 3.44.-*Se ha calculado el esbozo primitivo en bruto a partir de dos canales. (a), (b): los ceros obtenidos a partir de la imagen de la Figura empleando máscaras con* a_{2-D} = 19 *y* 18 *pixeles. Como el canal mayor no tiene ceros que no correspondan con los ceros del canal más pequeño, las localizaciones de los bordes en la descripción combinada corresponden también a (a). (c), (d) y (e): representaciones simbólicas de los índices descriptivos asignados a las localizaciones de los ceros mostradas en (a). (c) Manchas, (d) orientaciones locales asignadas a los segmentos de bordes, (e) barras. Los diagramas muestran sólo la información espacial contenida en los índices descriptivos. Ejemplos típicos de los índices descriptivos completos son:*

MANCHA	*BORDE*	*BARRA*
(POSICION 146 21)	*(POSICION 184 23)*	*(POSICION 118 134)*
(ORIENTACION 105)	*(ORIENTACION 128)*	*(ORIENTACION 128)*
(CONTRASTE 76)	*(CONTRASTE −25)*	*(CONTRASTE −25)*
(LONGITUD 16)	*(LONGITUD 25)*	*(LONGITUD 25)*
(ANCHURA 6)	*(ANCHURA 4)*	*(ANCHURA 4)*

Los índices descriptivos a los que se corresponden están marcados con flechas. La resolución de este análisis de la imagen de la Figura se corresponde aproximadamente con lo que un ser humano vería al observarla desde una distancia de alrededor de 6 pies (1,80 m.) (Reimpreso con permiso, según D. Marr y E. Hildreth, «Theory of edge detection», Proc. R. Soc. Lond. B. 204, pp. 301-328.)

FIGURA y TEXTO en D. MARR 1982 p. 77-78

ciones en la profundidad, en la orientación o en la reflectancia);2) el tamaño medio entre elementos similares entre si; 3) la densidad local de los elementos definidos en el punto anterior; 4) orientación local de dichos elementos; 5) distancias locales asociadas con la disposición espacial de elementos similares; y 6) la orientación local asociada con la disposición espacial de elementos similares, esto es, la orientación de la línea que une pares vecinos de elementos similares.

Todo esto hay que verlo desde la perspectiva definida anteriormente, de los supuestos físicos definidos, ya que muchas de estas propiedades están directamente relacionadas con ellos (ver figura nº 3.43 y comentarios asociados).

Pero para su representación se reitera la necesidad de los marcadores de lugar, la noción de similitud entre estos marcadores, y por último su disposición espacial, que puede realizarse por las propiedades 3 y 4 enumeradas, o por las 5 y 6 si se define un nuevo elemento: el concepto de "línea virtual" entre marcadores vecinos iguales. La existencia psicofísica de estas líneas pueden intuirse gracias al algoritmo de Stevens (un estudio minucioso de su aplicación se encuentra en D. Marr 1982 p.87-91).

Ahora bien, para su total representación quedan pasos esenciales, tales como la selección de elementos mas o menos similares con lo cuales poder hacer conglomerados, líneas, curvas, manchas, grupos o zonas pequeñas, ... pero en diferentes escalas, tal y como venimos

diciendo a lo largo de esta exposición. Así lo especifica Marr: *"cualquier tipo de conglomerado local, mancha o grupo, la capacidad de tratarlos como un solo elemento... estos son los frutos de este tipo de procesos que son los responsables de la formación de los marcadores de lugar."* (Marr: 1982 p.96).

Los resultados están representados según la figura nº 3.45. Ya confeccionada la imagen, ésta puede informarnos de dos tipos de discontinuidades, que por un lado nos las dan aquellos marcadores que precisamente existen gracias a la discontinuidad física, y que por lo tanto tienen que estar organizados geométricamente a lo largo de ella. Un segundo tipo los constituyen aquellos cambios que ocurren en varios parámetros, tales como los definidos como "propiedades de la imagen" que hemos visto mas atrás. Las figuras "a" y "b" nos ilustran las diferencias entre ambos.

Pero la mayor aportación que puede hacernos este tipo de imagen generada, es el hecho de que se puede inferir de ella las siguientes propiedades:

1-estereoscopia
2-selectividad de dirección
3-derivación de la estructura a partir del movimiento aparente
4-derivación de la profundidad a partir del flujo óptico
5-derivación de la orientación de la superficie a partir de los contornos de ésta.
6-derivación de la orientación de la superficie a partir de su textura
7-derivación de la forma a partir del sombreado
8-estereoscopia fotométrica
9-la luminosidad y el color como una aproximación a la reflectancia.

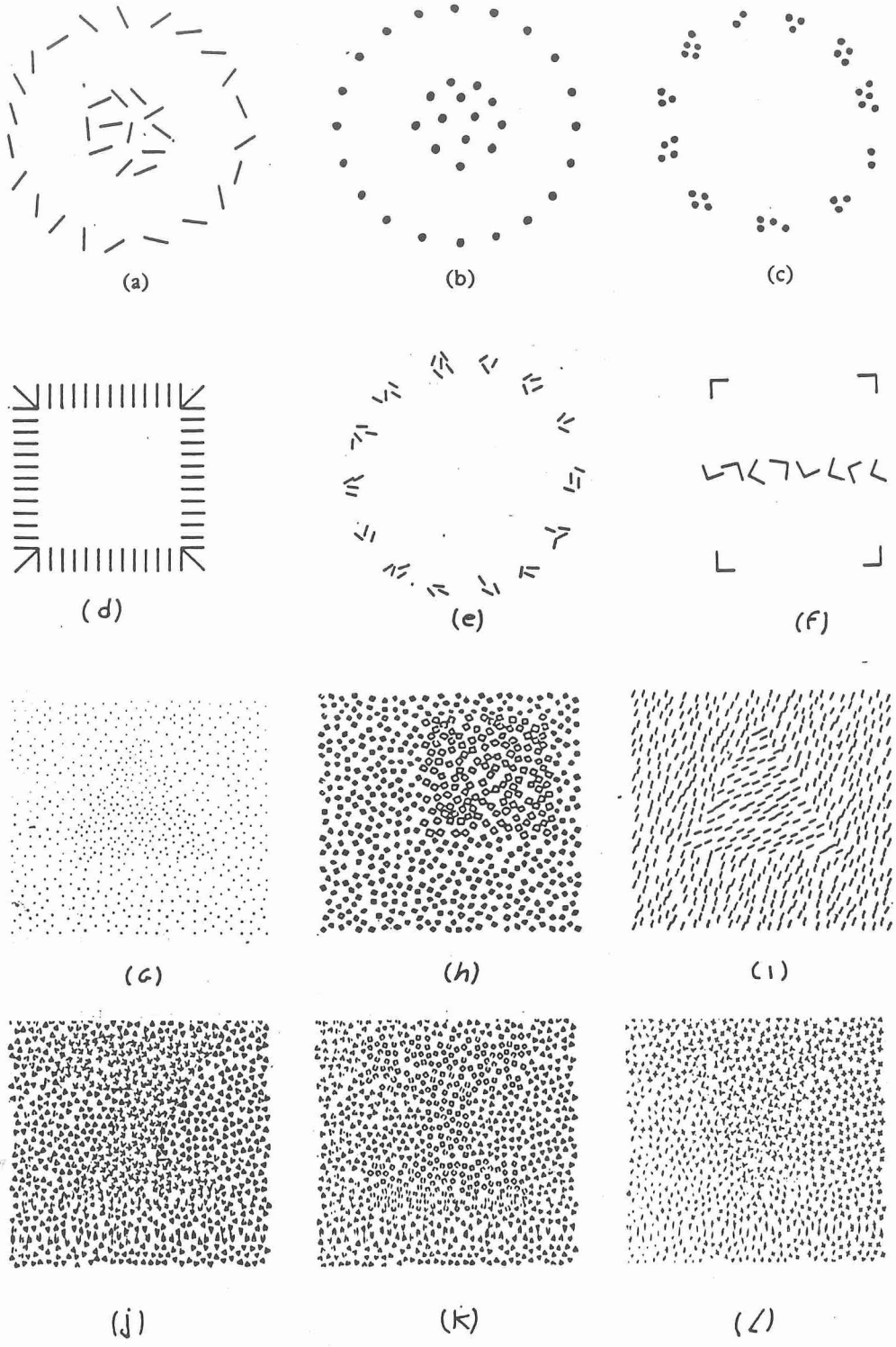


Fig.- 3.45

En "a","b","c","d","e" y "f" se muestra la capacidad de los elementos primitivos en bruto para agruparse o formar grupos que a su vez pueden ser reagrupados. En "g", "h" e "i" se costata la capacidad de la construccion de limites entre regiones, originadas por la distancia desde el observador, por discontinuidad de la orientación, etc. Por el contrario, en "j", "k" y "l" quedan claras las dificultades para formar bordes, aun en el caso de que la diferencia de textura es bastante clara.(figuras y texto estan remodelados de otros tantos se que encuentran en D.Marr 1982 p.97-99, estando, a su vez, las figuras de la "g" a la "l" basadas en M.Ryley)

NOTA 3.23.- Podemos esquematizar el pensamiento de Marr de la siguiente forma:

	organización jerárquica
	existencia de superficie con función de refectancia
SUPUESTOS	similitud
	continuidad espacial
FISICOS	continuidad de discontinuidades
	continuidad de flujo

VALORES DE INTENSIDAD

geometria
reflectancia
iluminación
punto de observación

DETECCION DE CEROS

valores de intensidad de cada punto
aplicación de gaussianas
aplicación de laplacianas
(a distintos tamaños)

aplicación de laplacianas a gaussianas
coincidencias de ceros en varios filtros independientes
mapa de dichas coincidencias
(mapa de reflectacias, mapa de iluminación, etc)

ESBOZO PRIMITIVO EN BRUTO

hace explicita información importante acerca de la imagen bidimensional, fundamentalmente sus cambios de intensidad y su distribución y organización geométrica.

(ceros, manchas, terminaciones y discontinuidades, segmentos de bordes, líneas virtuales, grupos, organización rectilinea, y límites, haciendo explícitos los valores de orientación, contraste, longitud, anchura y posición).

ESBOZO PRIMARIO COMPLETO

conglomerados, lineas, curvas, manchas, grupos, zonas pequeñas (todo en diferentes escalas)

CAPACIDAD DE LA IMAGEN

inferencia de:

-estereoscopia,
-selectividad de dirección,
-derivación de la estructura a partir del movimiento aparente,
-derivación de la profundidad a partir del flujo óptico,
-derivación de la orientación de la superficie a partir de los contornos de esta,
-derivación de la orientación de la superficie a partir de su textura,
-derivación de la forma a partir del sombreado, estereoscopia fotométrica,
-la iluminación y el color como una aproximación a la reflectancia.

figura nº 3.46.- (esquema basado en los textos de D. Marr: 1982)

Esto es muy importante ya que no es necesario derivar ninguna de estas propiedades de elementos estructuralmente "superiores", o sea un arriba-abajo, si bien fenómenos de este tipo existen. Sobre los puntos 7, 8 y 9 ya hemos hablado mas arriba y no supone nada nuevo.

Ahora bien, soy consciente de que es bastante complejo comprender las intenciones de D.Marr con lo que hemos dicho. No es fácil hacer un resumen de sus trabajos ni tampoco es sencillo "visualizar" su contenido, a lo que se refieren ciertas afirmaciones, cálculos y algoritmos. Es evidente que a quien le interese este tema se dirija a las fuentes, pero para nosotros he confeccionado la figura nº 3.46 donde he intentado clarificar este enredo. Por eso es también conveniente que describamos uno de los procesos apuntados mas arriba, a lo cual creo hacerlo sobre la estereoscopia ya que es el mas ilustrativo y plausible de todos.

Un ejemplo: la estereoscopia.-

D. Marr impone como teoria de cálculo las constricciones siguientes:

1-la compatibilidad, o sea, que un solo punto de la imagen de un ojo se empareja con un solo punto de la imagen del otro ojo.

2-la unicidad, o que solo uno de esos puntos es igual al otro.

3-la disparidad varia suavemente a excepción del borde.

Son tres principios triviales, que en cierta medida aseguran que

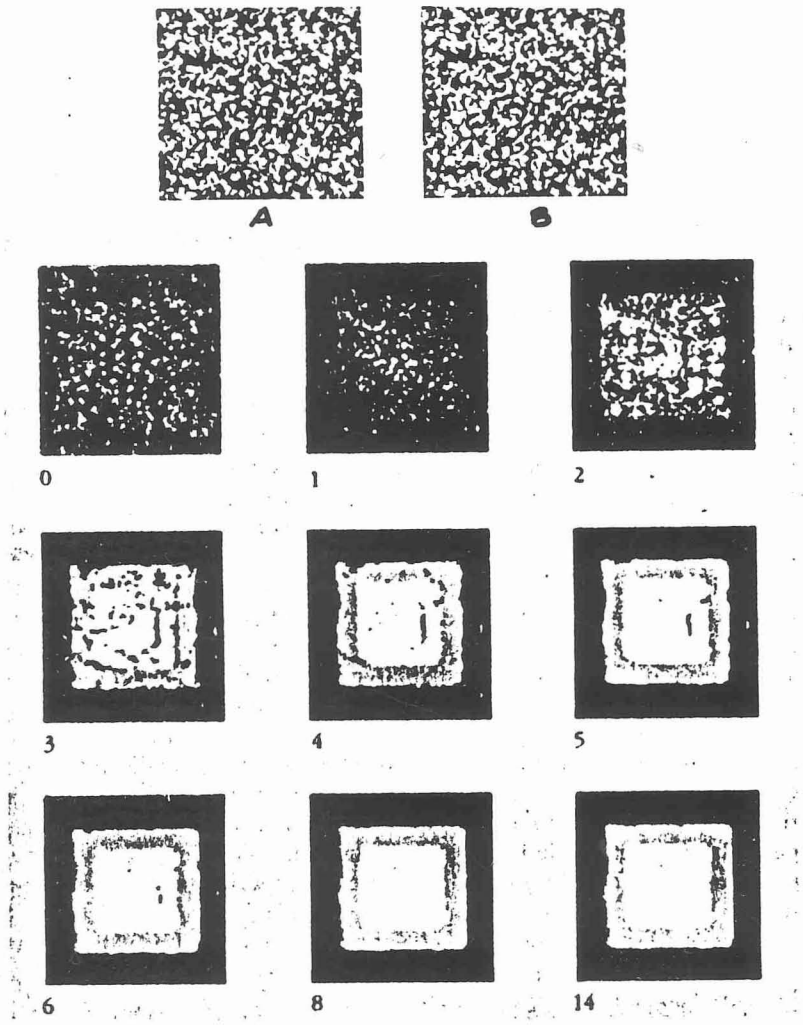
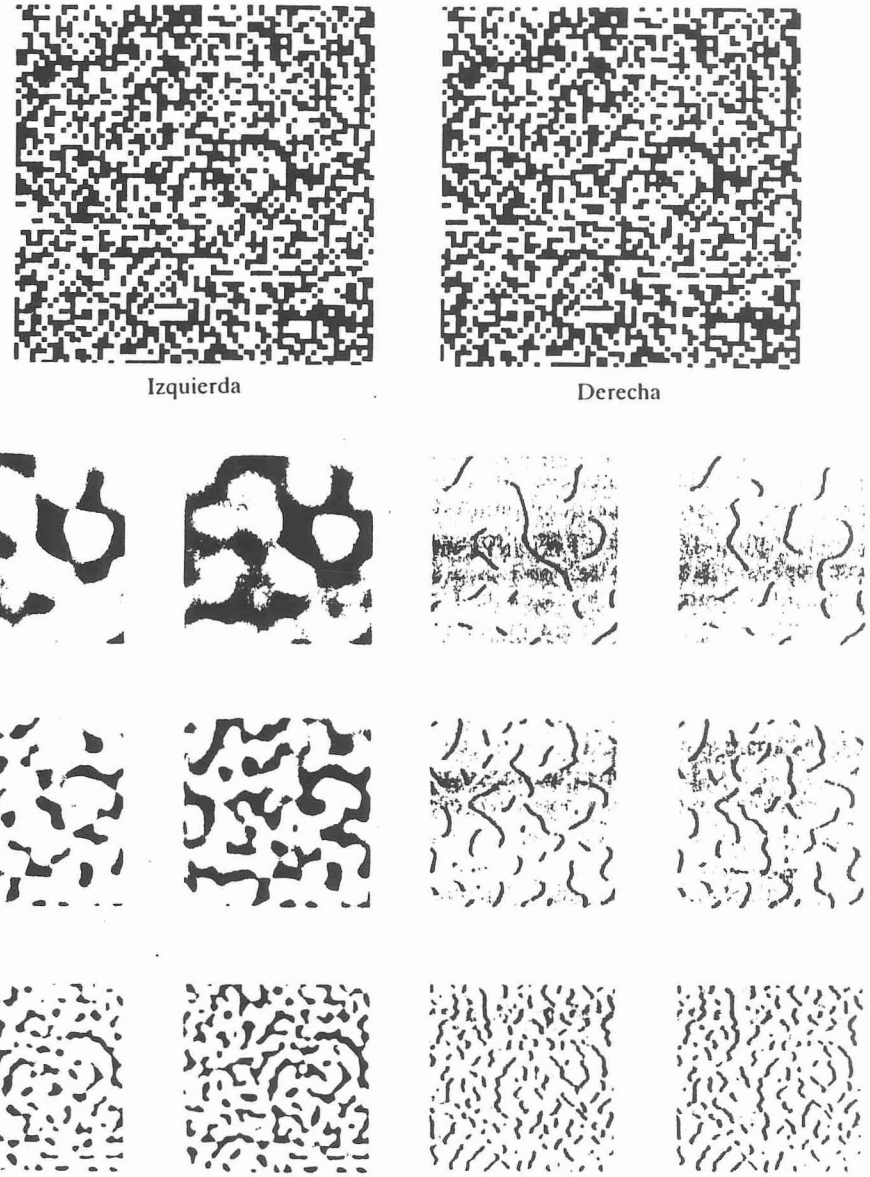


FIGURA 3.47.-*La decodificación de un par de estereogramas de puntos aleatorios mediante el algoritmo cooperativo descrito en el texto. El estereograma aparece en la parte superior y el estado inicial de la red, que incluye todos los emparejamientos posibles dentro del rango de disparidad prescrito, aparece numerado con un 0. El algoritmo atraviesa varias iteraciones, como se muestra en la figura, revelando gradualmente la estructura. Las diferentes sombras de gris representan distintos valores de disparidad.*



FIGURAS y TEXTO DE D. MARR 1982 p. 122, 133, 134.

entre las dos imágenes exista una sola correspondencia entre ellas (personalmente yo creo que es falso el hecho de que se den en la realidad una sola correspondencia entre las imágenes de la retina, pero es posible que existan correspondencias "únicas" para las diversas funciones y los diversos objetos de la imagen). Definida esta teoria de cálculo ahora Marr tiene que acometer la tarea de decirnos el tipo de algoritmo que haga posible la implementación de esta teoria de cálculo. Como aproximación llega a estas dos conclusiones que se evidencian de las dos figuras nº 3.47 a y b. La primera, partiendo de los dos estereogramas de puntos aleatorios "A" y "B", e introduciendolos dentro un algoritmo cooperativo (ver D.Marr 1982 p.121), tras varias iteraciones se va revelando la estructura de dicho estereograma. La segunda figura está basada en otro método que tal y como nos lo explica Marr, su proceso de formación es el siguiente:

1-con canales de diferente finura analizan cada imagen teniendo lugar entonces el emparejamiento entre canales correspondientes de los dos ojos para los valores de disparidad del orden de la resolución del canal.

2-los canales toscos controlan los movimientos de vergencia haciendo que los canales mas finos entren en correspondencia.

3-cuando se logra una correspondencia se mantiene y se anotan en el esbozo 2 1/2 D.

4-existe una relación inversa entre memoria y los canales, que actúa a través de los movimientos oculares y que permite fundir fácilmente cualquier trozo de superficie una vez que se ha establecido su mapa de profundidad en la memoria.

(D.Marr: 1982 p.130)

Para la inclusión de los puntos 3 y 4 hay que tomar en cuenta la existencia de un retén de memoria *"que almacenara el mapa de profundidad de la imagen según se la va descubriendo"* (D.Marr 1982 p.130).

La primera entrada que se coteja son precisamente los ceros, con las etiquetas de contraste y orientación, tal y como se aprecia en el ejemplo. De esta manera, además de tener asignado su localización cada cero, también denotan que *"el signo coresponde al cambio de contraste de izquierda a derecha del cero y viene indicado por su sombra en la figura. Es posible emparejar dos ceros si tienen el mismo signo y sus orientacions locales están a menos de 30º una de otra. El emparejamiento mismo se lleva a cabo punto a punto a lo largo de los ceros."* (D. Marr 1982 p.132). Así se pueden apreciar que cuanto mas fino sea el canal mas cantidad de información coteja, así como cuanto mas tosco sea, mas cantidad de disparidad puede asimilar.

Por si no ha quedado suficientemente claro como trabaja el algoritmo, o como operan los puntos definidos anteriormente, solo cabe decir que primero se emparejan las imagenes de los canales mas toscos y luego las mas finas.

¿Tiene fundamento la implementación matemática en la trama neural?.-Crítica a la implementación del cálculo.

El primer reproche que se le puede hacer a esta teoría es el hecho de la estremada complejidad con la que tiene que trabajar los sistemas neurales, sobre todo si tienen que aplicar algoritmos iterativos, que tal y como nos lo presentan, es de muy dudable implementación neural. Digamos que no estoy de acuerdo en la manera en como se relacionan los cálculos con las imágenes percibidas. Por ejemplo, yo mismo he construido estereogramas de puntos aleatorios y otros de objetos mas concretos y se puede apreciar en la figura nº 3.48 que su estructura resalta por simple desplazamiento de una imagen sobre otra, lo cual puede no ser ajeno al ojo, a sus movimientos de vergencia, o a todos los explicados en capítulos anteriores. Mi gran duda, a la hora de aplicar un algoritmo, es el hecho de que en los lugares donde se coteja la información binocular (estereo) la imagen ya trabaja con "entidades" (representaciones complejas similares a las percibidas).

Ahora bien, es notable la diferencia entre los dos métodos descritos por Marr y el mio. Incluso entre los de Marr las divergencias son notables. En la segunda descripción el método implementado es muy parecido a lo que venimos conjeturando a lo largo de este trabajo. Por eso se hace necesario que aclaremos las similitudes y las divergencias.

Quizás una de las cosas que demarcan falsas fronteras entre diferentes teorias son el usos de "argots" distintivos de cada una de

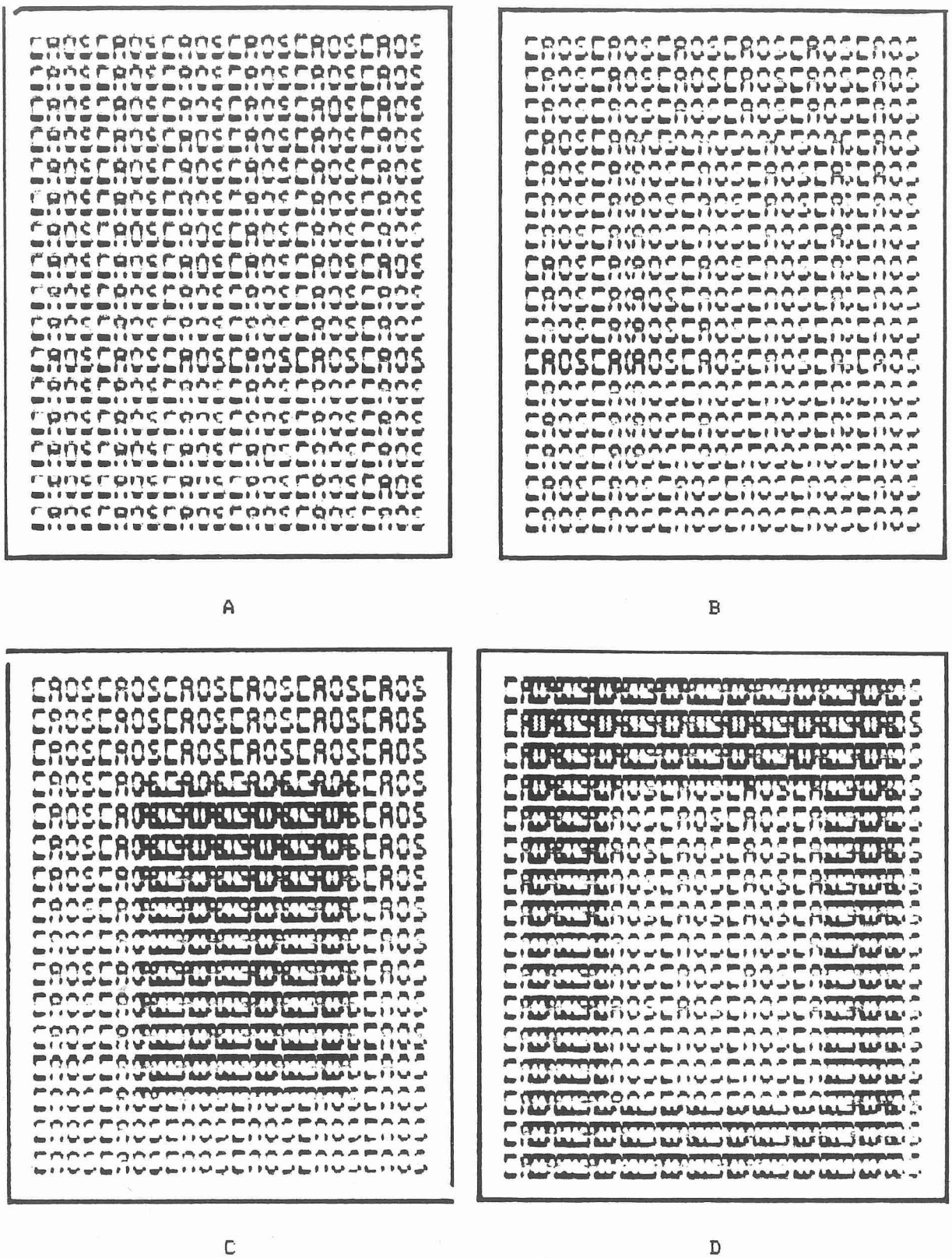


FIG.- 3.48

"B" está construido a partir de "A" por desplazamiento de una zona, que en este caso es un rectángulo. Esto es lo que los convierte en estereogramas. "C" y "D" son el resultado de superponer "A" y "B", respetando los dos estados en los cuales una de las figuras es nitida. Si en los estereogramas existiensen muchos mas objetos, habria otras tantas posibilides de emparejar disparidades. (figuras y texto son de producción propia)

ellas. Así, lo primero que salta a la vista cuando accedemos a la teoria computacional son la profusión de números, de términos matemáticos, técnicos o todo lo asociado a la cibernética, como es natural. Esto puede generar en cualquiera una aceptación incondicional si es una persona allegada a éstas áreas o simplemente porque le atrae el tema. Por el contrario, a aquellas personas que rechazan algo "maquinal" o materialista del mundo se verán agredidas por la teoria computacional de la percepcion (o de la mente). Nada mas falso y superficial que estas actitudes, si bien son lo habitual.

Cuando se habla de algoritmos o de implementación neural simplemente se esta hablando de que un mecanismo "A", a través de unos pasos "B" produce "C", o mas exactamente, produce siempre a "C". Mientras una computadora siempre produce "C", en lo biológico se introduce el azar o la aleatoriedad en la producción de "C". Ahora bien, si podemos decir que cualquier cosa, si se dan estas condiciones, puede trabajar algoritmicamente, no es necesario hablar de máquinas para utilizar este término. Y de aquí parten una de las divergencias: el énfasis, la autonomia, o la capacidad explicativa del algoritmo a la hora de hablar de las sensaciones y percepciones.

La gran duda que se infiere de todo esto es el hecho de que se utilizan algoritmos que partiendo de datos de niveles inferiores, pretenden (y consiguen) desencadenar representaciones idénticas a las percibidas (por ejemplo, las imágenes de Horm), y que se les dé, este es el problema, el mismo estatuto de "percibidas". Este es quizás el caso mas exagerado de énfasis puesto en el cálculo, y la supeditación

de todo lo demás a él. Por ejemplo, ¿La sensación (percepción, mas bien) de espacio que se aprecia al observar los estereogramas (con gafas estereoscópicas o con mucha práctica) tiene algo que ver con el algoritmo explicado por Marr?. Pues no. De ninguna de las formas explicadas por Marr (ni por nadie) se puede inferir tal efecto, lo cual es sospechoso y coloca tanto a la teoria computacional, como a las demás teorias de la percepción en una situación muy incómoda.

Por otro lado, de alguna manera tiene que hacerlo el cerebro, y no va a ser precisamente de una forma muy diferente a la explicada. No hay vuelta de hoja al respecto, solo matices en estos niveles de la percepción. De esta manera, y si recordamos lo dicho con respecto al esquema que hemos hecho de los sucesos neurales, así como de la triple verificación de los sentidos, o los diferentes tiempos de mantenimiento del efecto (aprendizaje, memoria, sucesos efímeros, etc) lo logico es pensar en cadenas algoritmicas de muy distintas naturalezas y donde el azar y la aleatoriedad tengan formas muy dispares de actuación. Se contradicen, en la percepción, dos aspectos de absoluta necesidad: 1) que los primeros pasos de la construcción de la imagen estética, para que funcione y sea competitiva evolutivamente, tienen que ser de manera "automática" como creo que es, y que por lo tanto podemos decir sin reservas que se aplican algoritmos en su mas perfecto significado (extracción de bordes, manchas, mapas de color, mapas de movimiento, etc) ; 2) que los productos finales sean netamente acomodativos al medio, como creo que son, y encierren en su estructura la capacidad de modificarse siempre que cambie el medio, o por simple voluntad, con lo cual el concepto de algoritmo comienza a perder sentido.

Son dos polos donde es dificil afirmar cosas que no contradigan a alguno de los ellos. Son, por lo tanto, situaciones paradógicas y como táles denotadoras de fenómenos que ocurren a distintos niveles pero que las circunstancias metodológicas o nuestro escaso conocimiento nos las enfrentan. Solo cabe decir al repecto que lo vivo, por acomodación al medio a evolucionado en la adquisición de estructuras algoritmicas capaces de crear mapas de la realidad y que además fuesen verificables. Para poder adquirir esta capacidad es necesario que dichas estructuras sean plásticas, que tengan capacidad de modificación. La implementación de la teoria de cálculo no es mas que los resultados de dicha evolución (y solo es posible entenderlo así).

Pero la teoria computacional no acaba aquí. Acepto la mayoria de sus descubrimientos y conjeturas con sus mas y sus menos, pero hay algo por lo que no podemos pasar, y es por la carga filosófica que porta. Desde nuestro punto de vista, lo neural en particular y lo biológico en general tienen un comportamiento totalmente contrario a lo especificado por Marr, en lo tocante a su relación con la supuesta implementación de una teoria de cálculo.

Veamos porqué es contraria: ... cojamos un objeto "a" (una báscula, por ejemplo) y veamos que relación existe entre los objetos pesados en ella y las medidas que marcan sus pesos. Evidentemente encontrariamos una relación matemática, sencilla, donde incluso los tamaños, los grosores de las piezas, las pequeñas sofisticaciones entre los engranajes, etc, etc estarían interrelacionados... o serían proporcionales con su función, con el motivo para la que fueron creadas : represen-

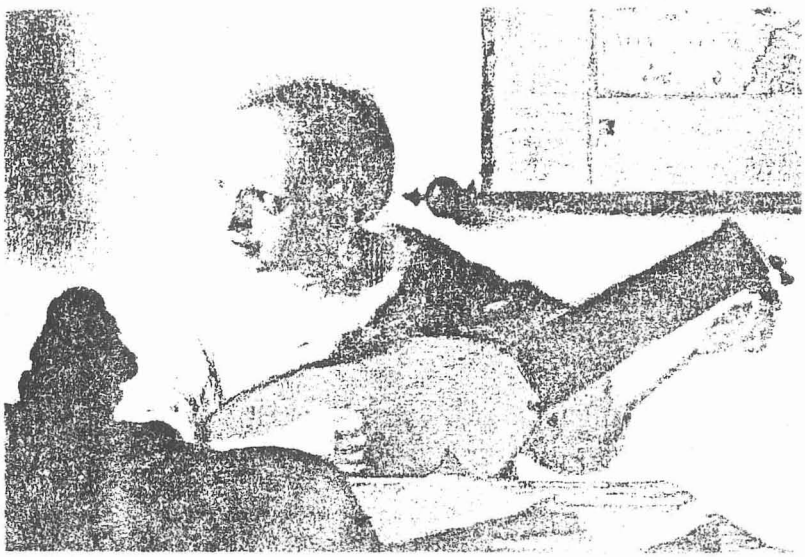
tar un cálculo, tener implementado un cálculo.

...cojamos seguidamente un objeto "b" (una piedra, por ejemplo) y la arrojamos lejos de nosotros. Por el aire, creando cierta parábola, gira sobre si misma hasta que cae y finaliza su trayecto. Podemos encargarle a un físico que nos construya una formula que nos describa los estados que ha ocupado la piedra en este primer intento, o mejor, que prevea, cada vez que hagamos una tirada parecida, los diferentes estados o lugares que ocupe. ¿La existencia de dicha fórmula implica que la piedra tenga implementada una teoría de cálculo?. Veamos, siempre que se den las mismas circunstancias, que exista una mano que arroje la piedra con la misma dirección y fuerza, o las variables que queramos ... se puede decir que trabaja un algoritmo tal que se dan siempre los mismos resultados, a lo que se le suele suponer que "funciona" o tiene implementada una teoria de cálculo. Es evidente que en este ejemplo parece absurdo explicarse en estos términos, pero en muchos aspectos lo vivo es mas parecido a este último mecanismo que al primero. El algoritmo y la teoría de cálculo es independiente de la estructura material en la que está implementado. Lo vivo, y mas exactamente lo neural solo es posible con sistemas neurales ... a la balanza solo le salva o le da "coherencia" su función, el ser tecnema, el haber sido creada para eso. ¿Que función y para qué ha sido creado lo vivo?. Claro que podemos encontrar el mismo tipo de "coherencia" para lo vivo que para la balanza pero esto solo demuestra lo mas básico de lo vivo: que es materia. No hay que poner la tabla rasa al revés: que la balanza tiene, por ejemplo, estados mentales.

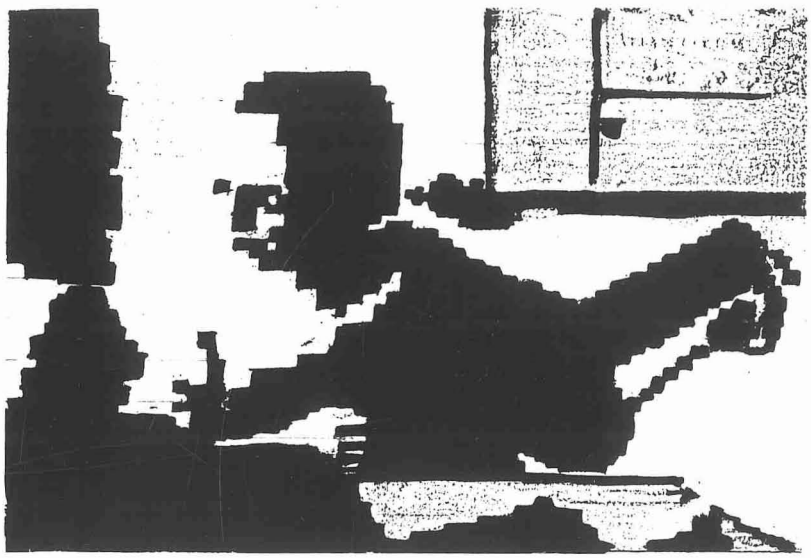
Resumiendo: la teoría de cálculo o el algoritmo me explican casi en su totalidad a la balanza, pero no así a lo vivo. El hecho de que cualquier cosa pueda estar incluida, formar parte, ser variable o simple dato de alguna fórmula no corrobora su "computacionalidad", ser o padecer un software, ser o padecer un Hardware. Por el contrario, la necesidad metodológica de acceder a este tipo de problemas de la forma descrita, no constata que fuera de esta circunscripción científica se tenga que dar, por parte de la materia, de la trama neural o de los organismos, la utilización matemática o la aplicación de fórmulas concretas para poder existir, para poder acceder a lo real. Es absurdo.

Otro argumento con el que quiero aclarar ciertas paradojas, esta relacionado con la aparente ausencia de dudas a la hora de hablar y utilizar estos cálculos, como filtros del mundo real. Veamos la figura nº 3.49. Para la confección de un algoritmo que nos reconstruya la figura, se suele partir de una imagen que, o bien se extrae del mundo real a través de un mecanismo que se ha "ajustado" al funcionamiento del ojo humano (pero que no es un ojo humano, o sea, es un símil) o bien se parte de una imagen técnica (una foto, una pantalla de video, etc, que es "mundo físico" pero no el mundo físico al cual representa).

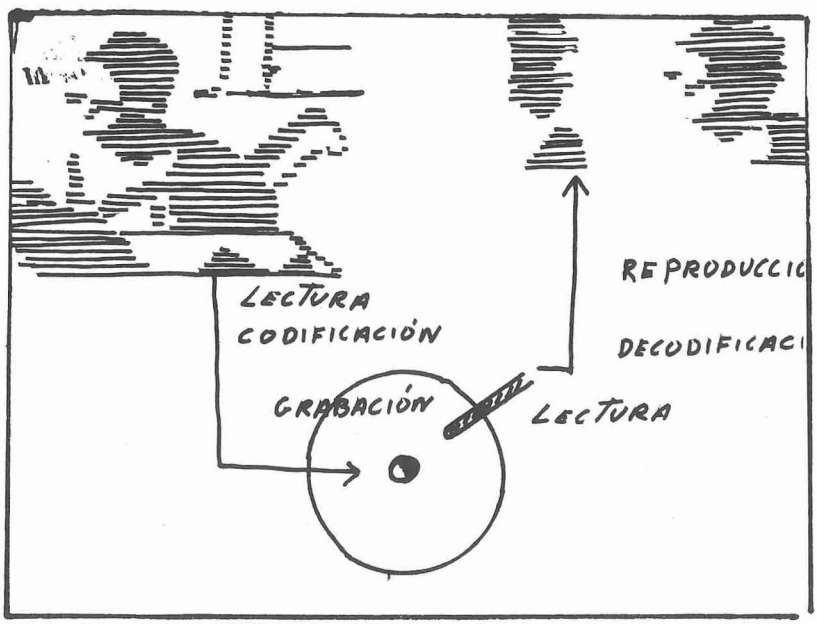
El problema nace cuando nos preguntamos la función del algoritmo, ¿que está haciendo realmente?. Nosotros hemos cortado la figura en finas tiras y hacemos con ellas una sola línea. Podemos decir que hemos digitalizado la imagen, o lo que es lo mismo, podemos sustituir



A



B



C

cada punto de dicha línea por números ((+)-(-), si-no, blanco-negro, etc), trasformarla en impulsos eléctricos, grabar esta cadena de impulsos o de iconos en un disco magnético, etc, etc.

Ante la imagen "A" y con su digitalización envasada en un disco, podemos preguntarnos todo lo que se nos ocurra: por ejemplo ¿como haría para confeccionar un programa que distinguiese entre lo que es el fondo y lo que es figura, o lo que es sombra de lo que es luz ...etc?.

El programa usaría la tira larga, y a base de iteraciones, de cálculos, podría llegar a distinguir entre el fondo y la figura, entre el primer plano y el segundo, etc, lo cual no debemos de dudar en lo útil que puede sernos este tipo de algoritmos, incluso podemos buscar correspondencias neurales al respecto y ver si éstas pueden hacerlo o calcularlo. Ahora bien, si queremos ser coherentes con nuestra teoría, la imagen "a" es ya un resultado, producto de un proceso, donde existen bordes, manchas de color, etc. Digamos que nuestros sistemas visuales no parten de imágenes ya creadas sino que son creadas por ellos. Por eso hay que evidenciar la inmensa diferencia que existe entre un proceso y otro.

Y esto es una de las grandes verdades que se extraen, por el contrario, de la teoria de Marr y de la nuestra propia. Es pues algo en lo que debemos de fijarnos un poco mas, ya que ello es lo que nos interesa. Es el hecho de que una primera "muestra" de lo que llega a la retina (no es imagen todavía) es un conjunto muy rico de variables

con las cuales, y solo a través de ellas, es posible la construcción de la imagen final.

En nuestro ejemplo entradas y salidas son las mismas y por ello se pueden usar terminologías computacionales al respecto, incluso (y eso es verdad) decir que la reconstrución de la imagen, según programa, es un proceso computacional . Los resultados obtenidos son del mismo tipo que los de la imagen de partida y por lo tanto, un sistema neural que lo observe, los observará por igual. Solo ha ocurrido una reordenación de la información que sólo es válida en presencia de un sistema neural, o sea, de alguien que las mire, ya que esa es su función necesaria. Sin esa presencia no tiene ningún sentido ni es nada, solo materia dispuesta al azar (repitamos hasta el total convencimiento, aunque suene a demasiado poético, que la imagen "a" sin la presencia de un observador con sistemas neurales es solo materia dispuesta al azar).

Esta claro que el cientifico solo puede operar, por el momento, con imágenes técnicas o lo que es lo mismo: imágenes antropomorfizadas. Esta es una de las causas por las cuales hoy por hoy no es posible que un ordenador "reconozca" a cualquier tipo de objeto (un teléfono, por ejemplo) y le asigne un nombre ("Teléfono"), un sentido, etc. La competencia industrial del momento hacen avanzar rápido los métodos al respecto y ya se escucha hablar de computadoras optico-neurales (ver el intereresante articulo de Abu Mostafa: 1987 "Computadoras optico-neuronales) o incluso con diseños que copian a los neurales (D. W. Tank y J. J. Hopfield: 1988 "Computación conjunta en circuitos neuro-

morfos") ... pero todavía no se ha dado el paso decisivo en la dirección de percepción de lo real. Percepción en cuanto "máquina" ya es utilizada con éxito: en los supermercados leen la etiqueta del producto, anotan de que se trata, su precio, existencias, ...etc. Ese es otro camino distinto... y nada tiene que ver con el nuestro.

3.3.4.-RELACION ENTRE LUMINOSIDAD Y PERCEPCION ESPACIAL DE UNA SUPERFICIE.-

Aunque la teoría retinex parece no tener ninguna relación con la disposición espacial (nuestra sensación) de las superficies, ya que los experimentos han sido realizados sobre superficies planas uniformemente iluminadas o con variación uniforme de la luz, la verdad es que hay razones para creer que eso no es así.

He seleccionado una serie de experimentos en los cuales se deja entrever una cierta relación entre la disposición espacial de las superficies y su relación con la luminosidad. Comienzo por el mas sorprendente, el de Alan L. Gilchrist sobre grises, blancos y negros.

Este dispone, tal y como se ve en la figura nº 3.50, dos planos con relación de noventa grados, el uno blanco y el otro negro, pero con la salvedad de que tiene unas lengüetas de forma trapezoidal (para inducir a error) y que sobresalen del ángulo, extendiéndose desde la esquina formada por los dos cuadrados, con tres lados contra un fondo que no está en el mismo plano. El color es el contrario al de las superficies coplanares.

Evidentemente, si observamos el montaje con los dos ojos, éste no revela ninguna particularidad, mas si lo hacemos monócularmente (a través de una rendija) el color negro de la lengüeta se nos tornará blanco y el blanco negro. La mayor sensación se produce cuando las dos

lengüetas, gracias a la disposición de la iluminación, tiene la misma luminosidad.

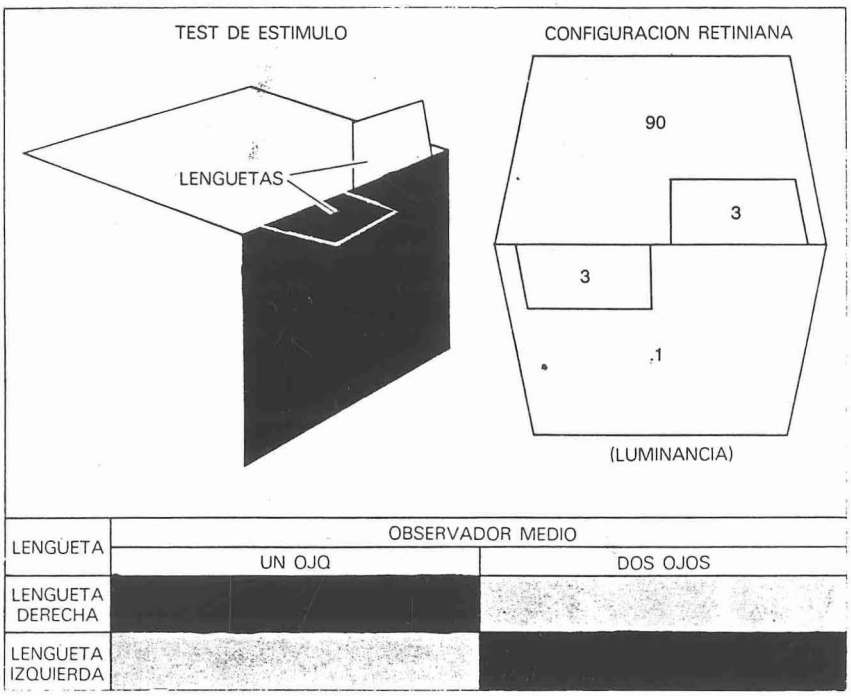


figura nº 3.50.- (Gilchrist: 1979 p.63)

El efecto monócular hace que la lengüeta trapezoidal se vea como un cuadrado contenido en el cuadrado grande que le rodea.

Particularmente yo mismo he repetido este experimente incluso con otros colores (rojos y verdes, amarillos y azules, marrones, etc) y el efecto de la lengüeta cuando se percibe como perteneciente a un plano que no le pertenece, induce siempre a error, si bien no tan drástico como el que nos presenta A. L. Gilchrist (que el negro se vea blanco)

pero sí sorprendente, en cuanto que nunca se percibe el color habitual (tenía pensado decir color "real", pero no es menos falso que el que se percibe monócularmente, incluso opino que éste tiene mas que ver con la composición espectral que el que habitualmente observamos) sino otro.

Es curioso que sobre todo la lengüeta del color mas claro, que tiene que estar en sombra para que se iguale con la otra, siempre parece ser un color negro inserto en un ambiente amarillo, rojo o verde si el color del papel es amarillo, rojo o verde.

Todas las demás pruebas que hice (cambiando los tonos del color, la iluminación , etc) no arrojan nada nuevo que no se desprenda del experimento de Gilchrist, a no ser en un caso en el cual se confunden la luz incidente con el color propio del papel y en otro en el cual se evidencian pequeñas proporciones espectrales existentes en el color y que cotidianamente (binocularmente) pasarían desapercibidas.

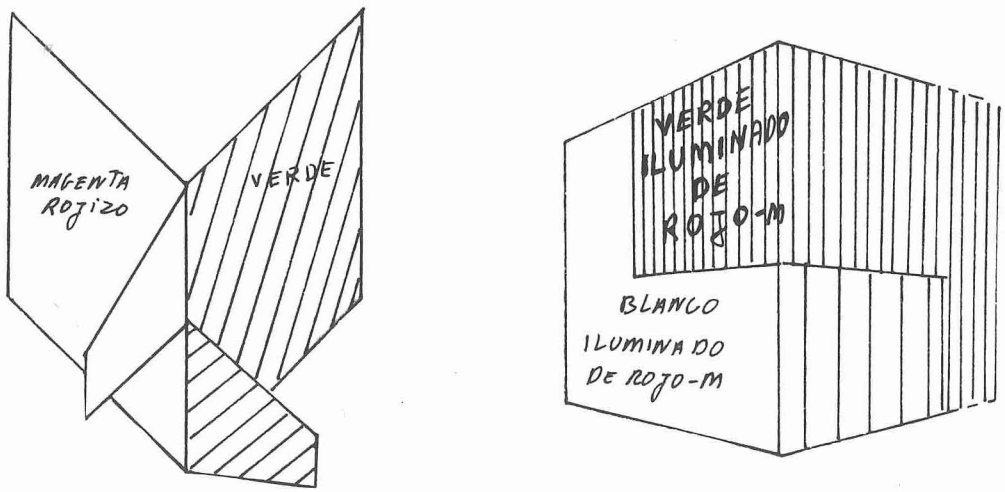


figura nº 3.51.-(figura de elaboración propia)

En el primer caso (ver figura nº 3.51), la lengüeta de color magenta que se encuentra en sombra tiene un color marrón oscuro neto pero el ojo no duda en ver un "verde" que está iluminado con una luz rojiza (magenta). En el caso de la lengüeta verde iluminada, al verse sobre el verde en sombra, parece que es una zona iluminada (que no existe tal lengüeta) del verde de sombra. Tanto en un caso como en el otro hay un error de interpretación en cuanto lo que son márgenes de reflectancia son confundidos con márgenes de iluminación.

El segundo caso, que se dan las mismas características que en todos los anteriores, hace referencia a pequeñas cantidades (casi imperceptibles) de otros componentes de color. Por ejemplo, en la figura nº 3.52 he dispuesto los colores de fondo como azul claro y azul oscuro, pero con la salvedad de que el azul oscuro tenía algo de rojo (a simple vista, la diferencia que se observaba era de gris). La lengüeta oscura al encontrarse iluminada, tendría que parecer un azul claro en sombra, cosa que no era tal, ya que el azul claro de la izquierda no se parecía en nada al del efecto (el componente rojizo de éste ultimo se evidenciaba notablemente)).

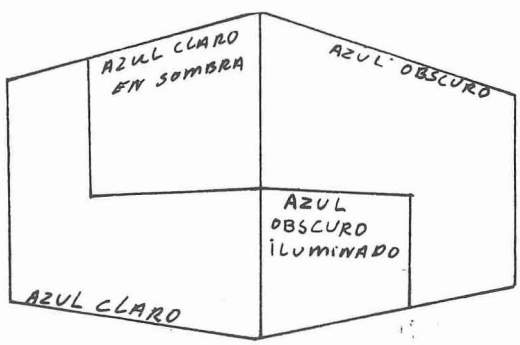


figura nº 3.52.- El azul claro es distinto a la "sensación de azul claro en sombra" y desigual a la "sensación de azul oscuro iluminado". (figura de producción propia).

Según Gilchrist, si la imagen retiniana es la misma en una visión binocular como en la monócular..."*ello significa que la relación entre el objeto y su fondo en la imagen retiniana es irrelevante por lo que respecta a la percepción de gris del objeto. El tono de gris resulta de la relación entre la intensidad del objeto y la intensidad de cualquier superficie que parezca que se encuentre en el mismo plano, aún cuando la superficie coplanar no proporcione el fondo del objeto en la imagen retiniana*" (A. L. Gilchrist: 1979 p.67).

Esto tira por tierra la opinión generalizada de que luminosidad percibida es una función de relación de luminancia entre partes adyacentes de la imagen retinal, independientemente de donde se sitúe en el espacio tridimensional la percepción de esas partes. Hoy en día la opinión es de que la luminosidad percibida se determina esencialmente por las intensidades relativas de las partes adyacentes de la formación retinal. Pero Gilchrist ya en el año 77 dejó bien claro la incorreción de esta teoría, gracias a un experimento sencillo, en el que disponía tres superficies (dos blancas y una negra) en un ambiente cotidiano, tal como dos habitaciones comunicadas con una puerta (ver figura nº 3.53).

La habitación mas cercana estaba poco iluminada y la mas lejana intensamente iluminada. En la pared cercana iba un papel blanco y otro negro. En la pared del fondo el papel era blanco con una tira gris para que no se viese flotando en el aire. El papel blanco de la pared mas cercana se dispuso de dos formas diferentes tal y como se aprecia

en B y en C ("target") de manera que inducía a error, unas veces viéndose en la pared del fondo y otras en la mas cercana, gracias a los recortes de las esquinas.

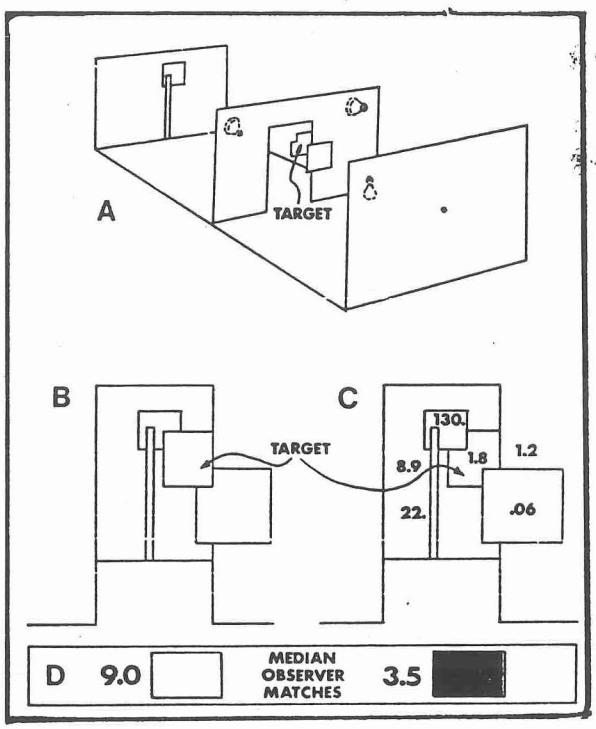


figura nº 3.53.- (Gilchrist: 1977 p.185)

Mirando por un orificio (visión monócular) en B parecía de color blanco (lo que era), pero en C se veía negro.

Como se ve, el resultado es esencialmente el mismo que el de los experimentos anteriores. Así, Gilchrist no duda en afirmar: *"...la luminosidad percibida de la referencia se gobierna mediante las rela-*

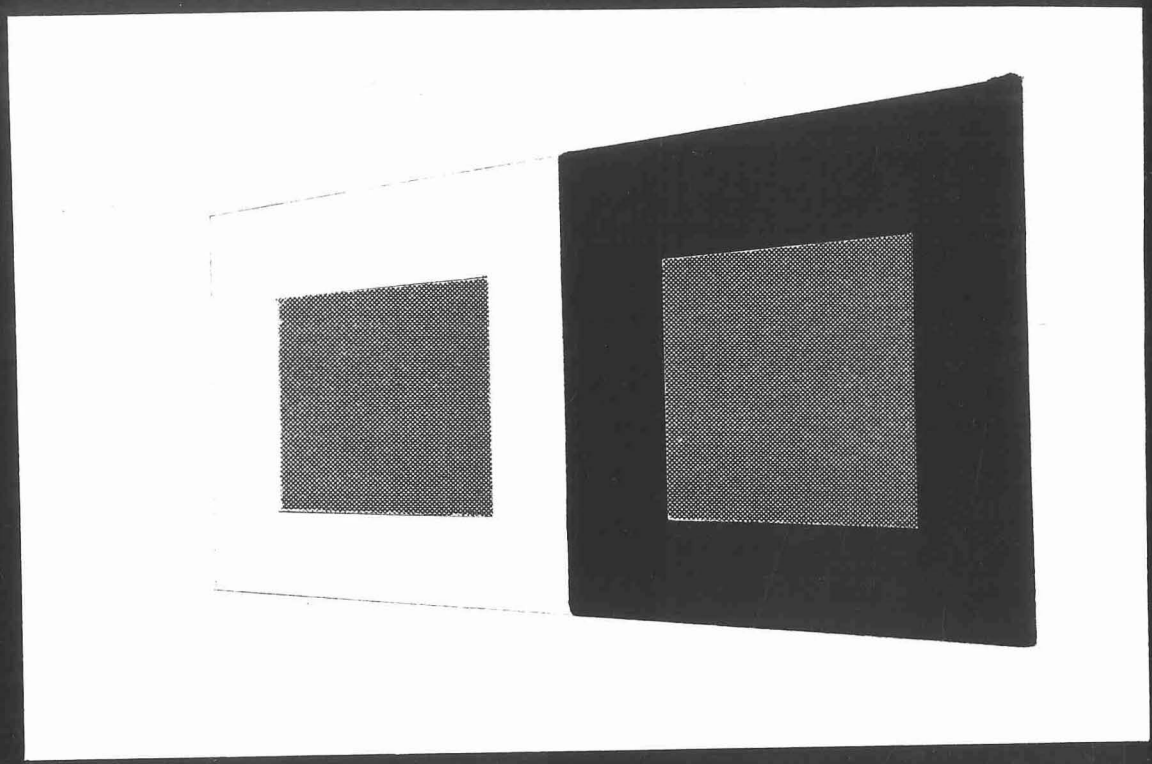
ciones de luminancia entre la referencia y las regiones vistas como coplanares (que parezcan estar en el mismo plano). La relación de luminancia entre la referencia y las regiones no coplanares (a pesar de la adyacencia retinal) es básicamente irrelevante para la luminosidad de la referencia."(A.L. Gilchrist: 1977 p.186)

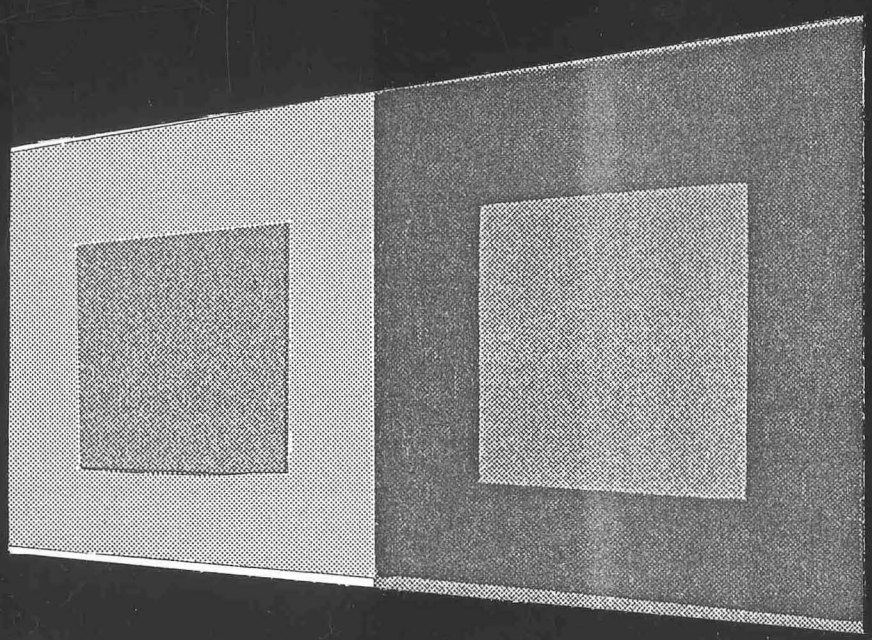
NOTA 3.24.- La luminosidad percibida de un objeto está condicionada por las relaciones de luminancia entre dicho objeto y las regiones vistas como coplanares. Lo que equivale a decir que la luminosidad percibida porta información espacial.

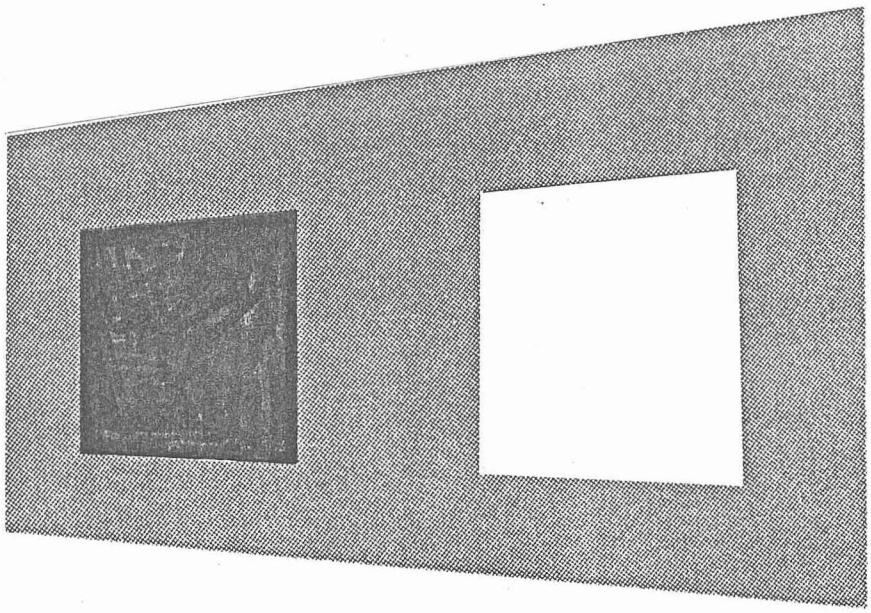
Distinción entre bordes de reflectancia y bordes de iluminación.-

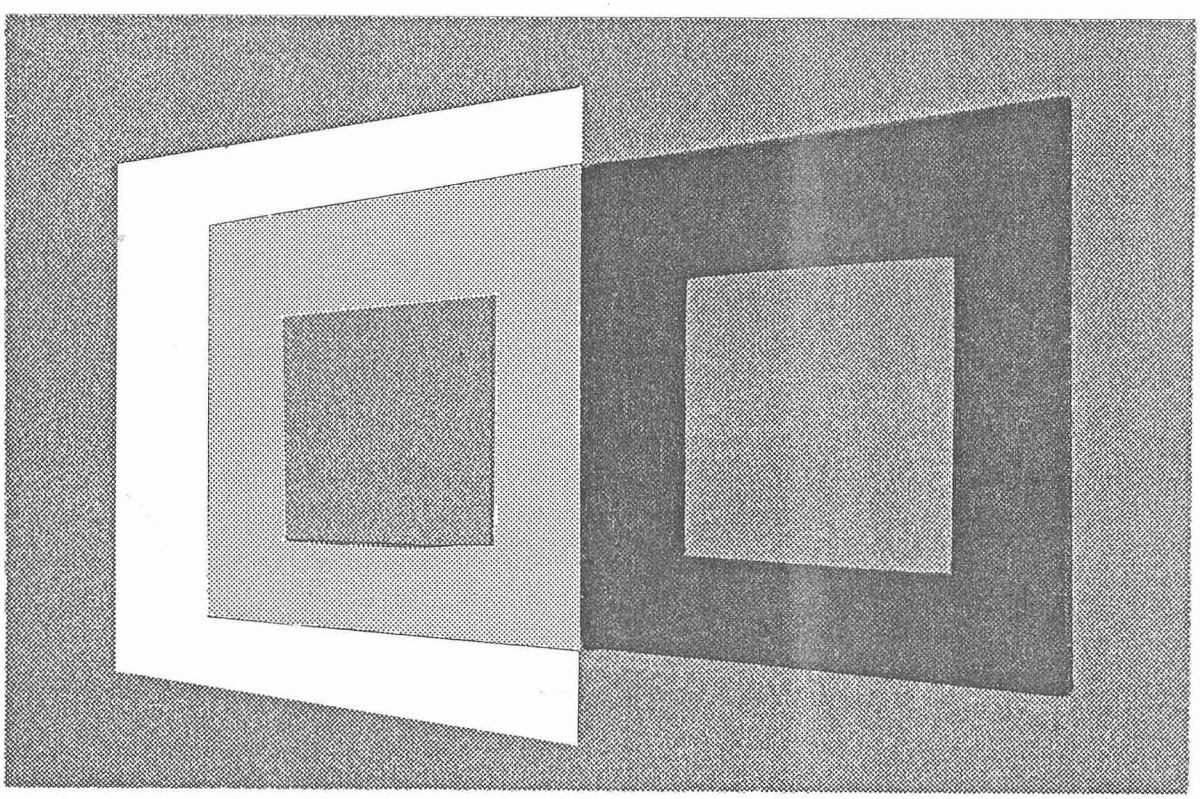
Describamos otro experimento, esta vez realizado conjuntamente con Stanley Delman, y parten de dos cuadrados grises sobre fondos blancos y negros adyacentes, respectivamente. El fenómeno que ocurre es muy clásico : el cuadrado gris sobre fondo blanco parece mas oscuro que el que está sobre fondo negro. Esto, que ya ha sido tratado en otro lugar de este trabajo, va a servir como referencia para reproducirlo pero no con tintas o pigmentos sino con luz.

Así, estos investigadores parten de un gran fondo gris intermedio como fondo para ambos cuadrados (uno negro y el otro blanco). La mitad de este fondo se iluminó de tal manera que el gris alcanzase una reflectancia treinta veces superior a la otra mitad, con lo cual era blanca con respecto a la otra (ver figura nº 3.54).









Una observación monócular del montaje, en el que se vean exclusivamente la parte enmarcada por el soporte gris (o sea, que no entre dentro del campo ninguna fracción de pared), lleva consigo el ver una reproducción igual a la de referencia, sin ningún cambio. Los fondos se ven, uno blanco y el otro negro (cuando en realidad son grises intermedios). Los cuadrados inscritos se veían grises (cuando en realidad uno era blanco y el otro negro). El límite entre los fondos se observaba como límite de reflectancia cuando era un límite de iluminación.

Visto binocularmente ocurría otro tanto de lo mismo, lo cual ya no es exactamente como en los ejemplos anteriores. Aquí se necesitaba dilucidar un factor mas. Si se ampliaba el campo de visión, o sea, se dejaba ver el margen de la luz proyectada, inmediatamente los observadores interpretaban el montaje como realmente era: fondo gris y un cuadrado negro y otro blanco.

El problema, como en los casos anteriores viene dado por el hecho de que la cantidad de luz reflejada por cada cuadrado era la misma y por lo tanto la señal nerviosa generada en la retina debe ser también la misma. Gilchrist opina que la percepción del color no es exclusivamente función de la cantidad de luz que refleja una superficie, de la relación de intensidades de las luces reflejadas por el fondo y la superficie o de la señal nerviosa generada en la imagen retiniana. La interpretación la resume así: *"todo indica, pues que en el sistema visual ocurre un proceso mucho mas relativista. La frontera entre cada cuadrado y su fondo proporciona solamente la relación de luz reflejada*

por estas dos superficies. Si cada cuadrado se compara con el otro, debemos tener en cuenta la relación de intensidades de los fondos. Si los fondos contiguos se perciben con reflectancias radicalmente distintas entonces esta percepción, junto con los límites entre los cuadrados y los fondos, sugiere que los cuadrados tienen aproximadamente la misma luminosidad. Por otra parte, si los fondos se perciben difiriendo completamente en la iluminación, entonces los cuadrados parecían estar situados sobre el mismo fondo de reflectancia y por tanto, aparecerán diferir de modo absoluto en la luminosidad" (A.L. Gilchrist: 1979 p.68)

Alfred Yarbus (en Gilchrist: 1979 p.69) hizo una serie de investigaciones que complementan perfectamente con lo dicho hasta ahora. Dispone, tal y como se ve en la figura nº 3.55, dos círculos rojos sobre un fondo blanco y negro respectivamente, a la vez que coloca todo sobre un fondo rojo. Utilizando el método Krauskoff (ver glosario) hace desaparecer las fronteras blanca-negra, así como estas con la roja del fondo. Los dos círculos rojos aparecen sobre el fondo rojo pero uno de ellos (el que estaría sobre fondo negro) se ve muy claro y el otro (sobre el fondo blanco) se ve muy oscuro. De esta manera se demuestra que los límites llevan la información de sus diferencias respecto del fondo inicial.

Aunque es difícil de explicar este efecto, Gilchrist observa que es muy parecido al provocado por él mismo. Comenta que este experimento proporciona una experiencia directa de la validez del concepto de extracción e integración de los límites. En sus propias palabras dice:

"la conclusión obvia es que la información en un límite (en este caso el límite entre un círculo y su fondo inmediato) se integra de alguna forma junto con la información extraída de un límite remoto (en este caso la frontera entre el fondo inmediato y el fondo que le rodea) antes de que el color de las regiones se perciba, por fin".(A. L.Gilchrist: 1979 p.69)

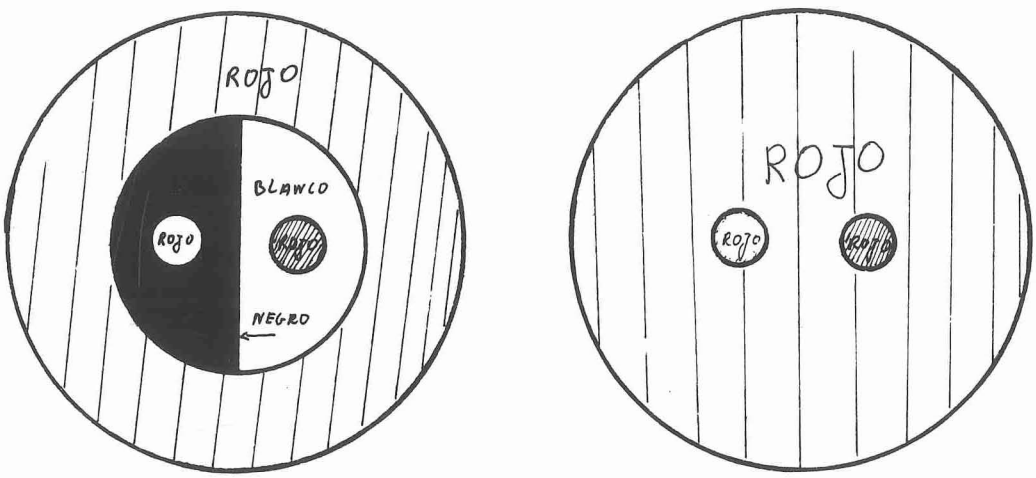
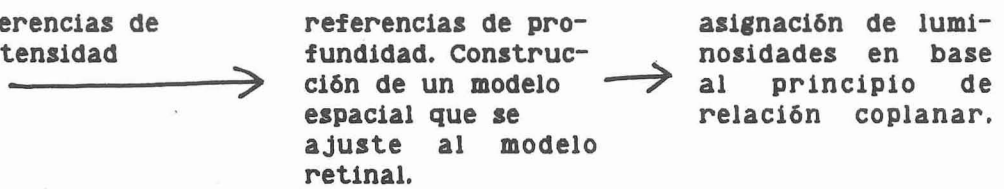


figura nº 3.55.- (Gilchrist: 1979 p.67)

Una conclusión general de todo esto es que el cerebro (sistema visual) parece determinar los colores de las superficies comparando las intensidades de la luz reflejada. Pero una constante que también se desprende de estos experimentos, es que son los bordes los implicados en estos menesteres, así la imagen retiniana es mas una imagen de bordes que de manchas de color, pero tal y como indica Gilchrist, hay

dos tipos de bordes y por lo tanto la imagen retiniana es en realidad una imagen dual.

Otra sospecha es que primero parece producirse el reconocimiento espacial y luego la determinación de la luminosidad de la superficie. Para el autor de estos experimentos el proceso visual se torna de esta manera:



Parece pues haber un proceso "inteligente" de reconocimiento previo de la superficie para luego asignarle sus luminosidades. El hecho de dilucidar si un límite es intrínseco o proyectado evidencia tal proceso inteligente, incluso con la participación de memoria, con lo cual tendríamos que pensar que tiene que existir por necesidad un proceso anterior de aprendizaje. Pero en contra de la actitud de contentarnos con esta aparente resolución del problema, creo mas conveniente estudiar otros experimentos y ver que datos nos aportan y que problemas nuevos nos plantean.

Hemos hablado de bordes o límites, de sus diferencias, de como el ojo puede interpretar a base de triestímulos (y tres bordes diferentes por imagen) el color del objeto, etc, pero todavía no sabemos como un

pañuelo rojo al atardecer sigue siendo lo mismo de rojo que cuando lo miramos por la mañana. Si bien, gracias a la teoría retinex podemos hacernos una idea de la constancia del color, todavía quedan muchos puntos oscuros que necesitamos aclarar. Ahora bien, si tenemos que comparar constantemente las reflectancias de los objetos con todo lo que le rodea y tal y como hemos visto, los bordes adquieren suma importancia para la resolución de la constancia, ¿porqué es tan habitual ver colores diferentes allí donde son iguales?, o sea, ¿porqué paralelamente se da una inconstancia del color?. Sobre esto hemos hablado largamente en el capítulo anterior, si recordamos. De momento anotemos:

NOTA 3.25.- los bordes llevan información de las causas que lo provocan, con lo cual podemos distinguir la existencia de dos tipos: de reflectancia y de iluminación.

Los artistas sabemos por experiencia habitual, que un color puede cambiar bastante, dependiendo de los colores que le rodean, que un color pardo-sucio es un amarillo-limpio en una zona del cuadro y en otras zonas aparenta ser verde grisáceo. Este efecto siempre ha sido explicado por constaste simultáneo, por influencias de los colores adyacentes, etc, siempre como "ilusiones", como datos falsos. Veamos pues los experimentos siguientes:

Historia acumulativa de las regiones retinianas. Función de bordes.-

Estos experimentos, que tal y como se verá son de una gran sencillez, fueron realizados por Philippe Broy, Thomas R.Sciascia, Lynette Linden y Jerome Y.Lettvin, en el instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). Fueron creados por ordenador una serie de zonas de color, como las típicas degradaciones a las que estamos acostumbrados a ver en cualquier libro especializado (p. ej. "Atlas de los colores" de Kuppers). En sí no demuestran nada pero sirven para constatar, reflexionar y tal y como se verá, evidenciar ciertas particularidades del funcionamiento de la retina. Las láminas I, II, III, y IV las he realizado con aerógrafo, que aunque no son las mismas que las construidas por Lettvin y sus colegas, sirven para lo mismo.

La primera composición (lamina I) está ordenada espacialmente según a sus elementos integrantes (puntos azules, rojos y verdes) a excepción de cuatro zonas grises. La segunda composición (lámina II) es la misma que la primera a excepción de las zonas adyacentes a los grises de prueba que se encuentran en la periferia. La tercera (lámina III) aún es mas parecida a la primera ya que solamente se cambian de lugar y de forma diagonal cuatro zonas adyacentes a los grises de prueba. La cuarta (lámina IV) es el resultado de una distribución al azar.

Si miramos a la primera composición notaremos que los cuatro grises, a una distancia normal de lectura, no parecen iguales. Es más, al fijarnos en uno cualquiera éste color se hace cada vez mas inconcreto. Pero si fijamos la mirada en el centro (punto negro) con un

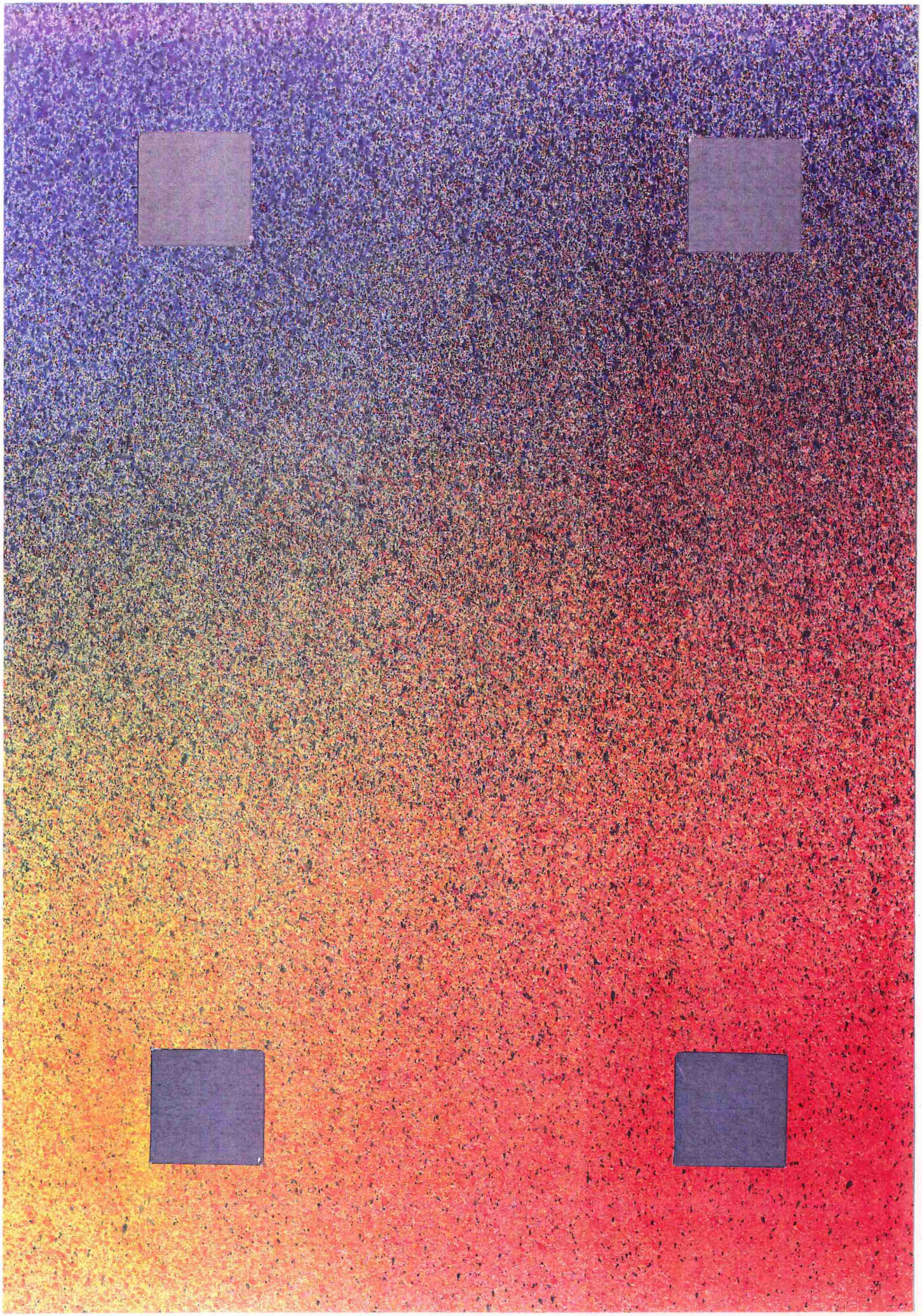
solo ojo (y lo he hecho con los dos y obtuve el mismo resultado) irán desvaneciéndose poco a poco. Para Lettvin *"toda la representación deberá parecer bastante difusa"* (Y. Lettvin et alt 1986 p.58).

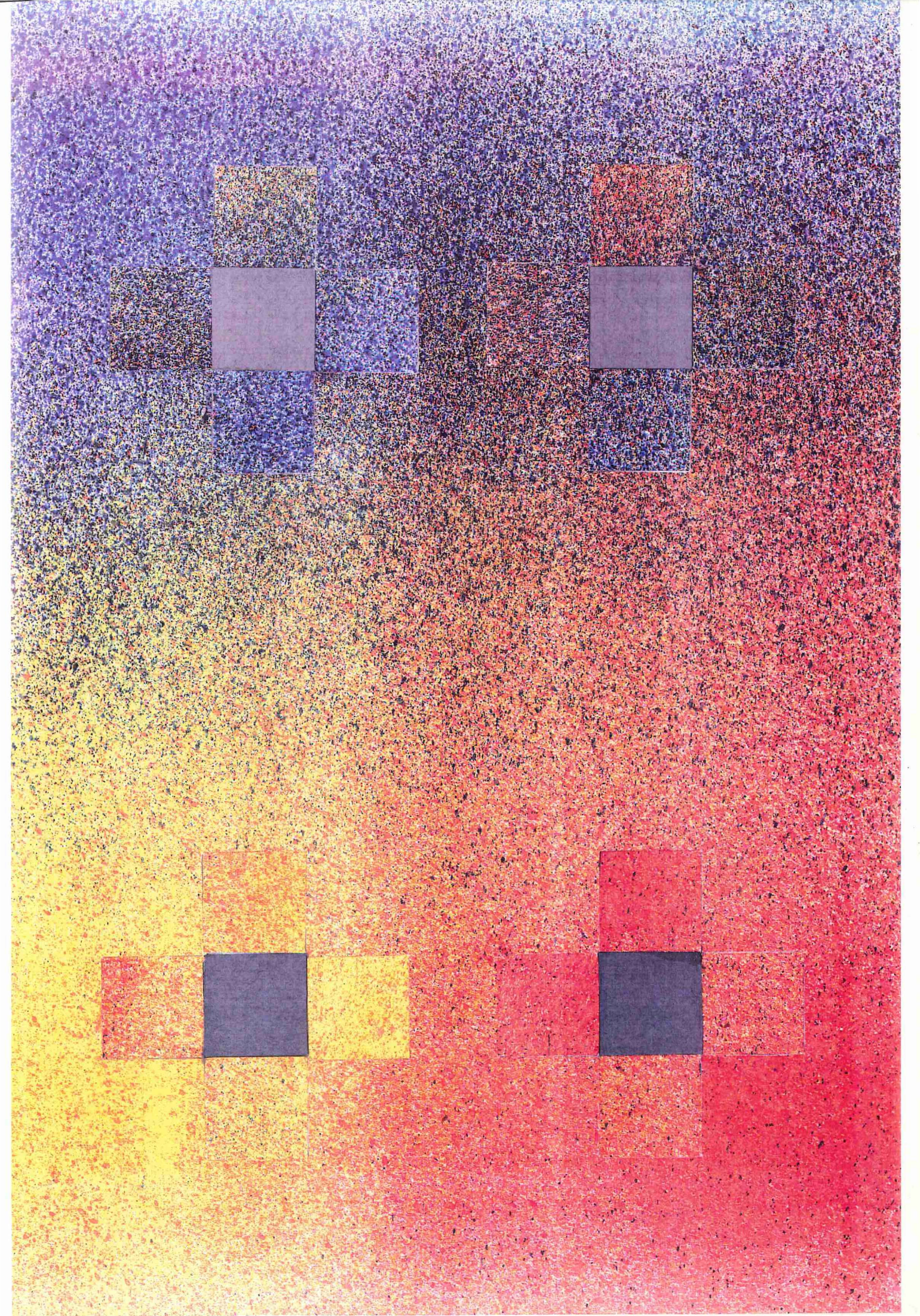
En la segunda composición los colores que rodean a los grises son los mismos y por lo tanto no hay grandes cambios con respecto al anterior. En la tercera la cosa cambia. Los hexágonos grises ya no difieren gran cosa entre sí, gracias a la presencia de bordes fuertes en sus inmediaciones. En la cuarta composición los grises se ven como tales e iguales entre sí.

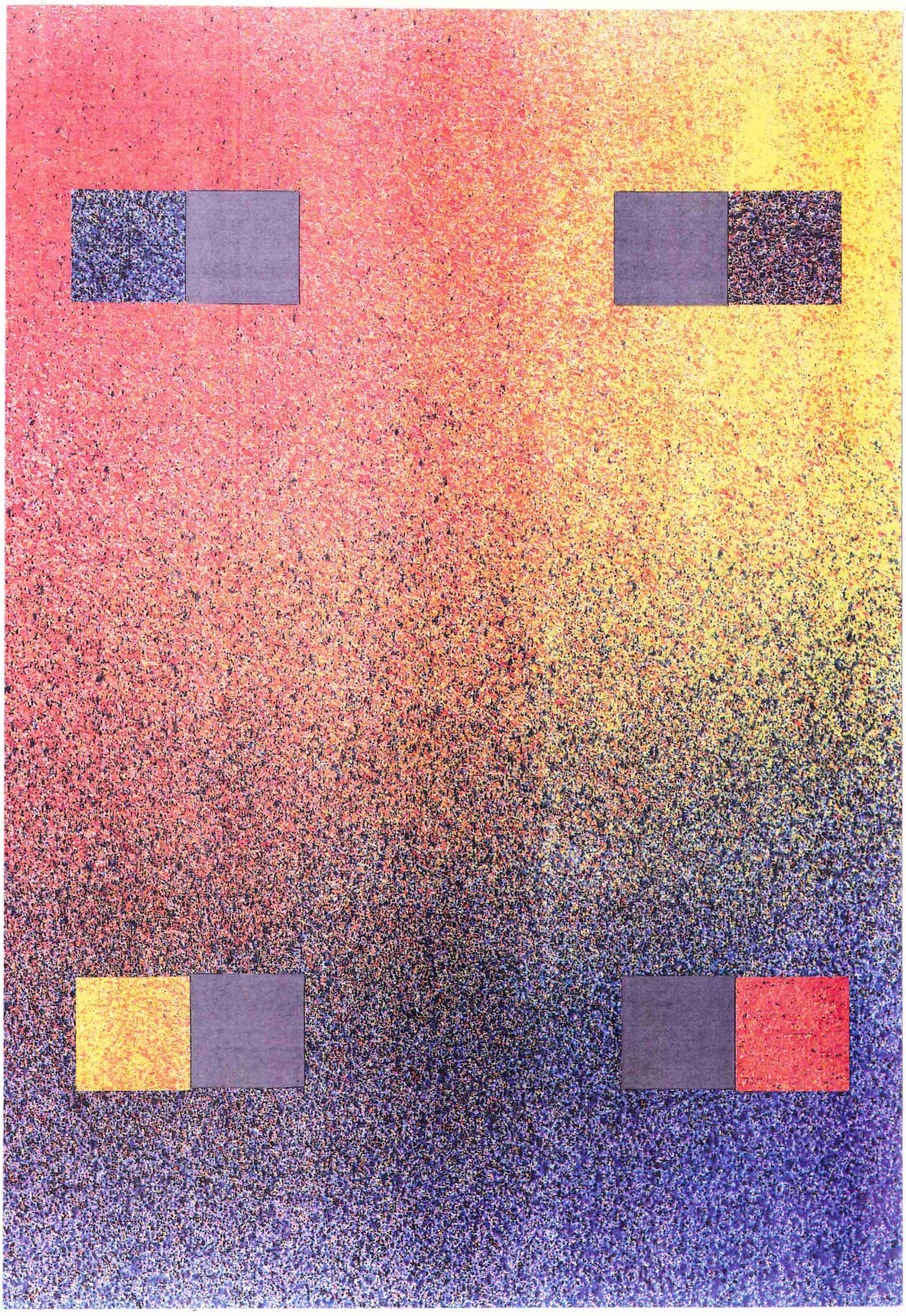
Como se ve, no hay nada que no supiésemos ya. Tal y como he dicho mas arriba todo esto se puede explicar por contraste simultáneo, combinado con cierto contraste sucesivo. ¿pero que es eso de contraste simultáneo?, parece que estamos hablando de algo que no necesita explicación, de algo que por su evidencia conforma una entidad por la cual se pueden explicar cosas. Parece que todos caemos en este error al pensar, o dar por cierta, la opinión de que estos fenómenos son "defectos". Claro está, no son defectos y el problema va por otra dirección. Estos experimentos han sido creados precisamente para provocar dichos contrastes, no para ser explicados por ellos. Aunque simples, no me cabe ni la menor duda de que constatan ciertas reglas de juego. Como vemos, volvemos a tener los mismos problemas que en el anterior capítulo. El contraste no explica la constancia, sino que tiene que ser, precisamente él, el explicado.

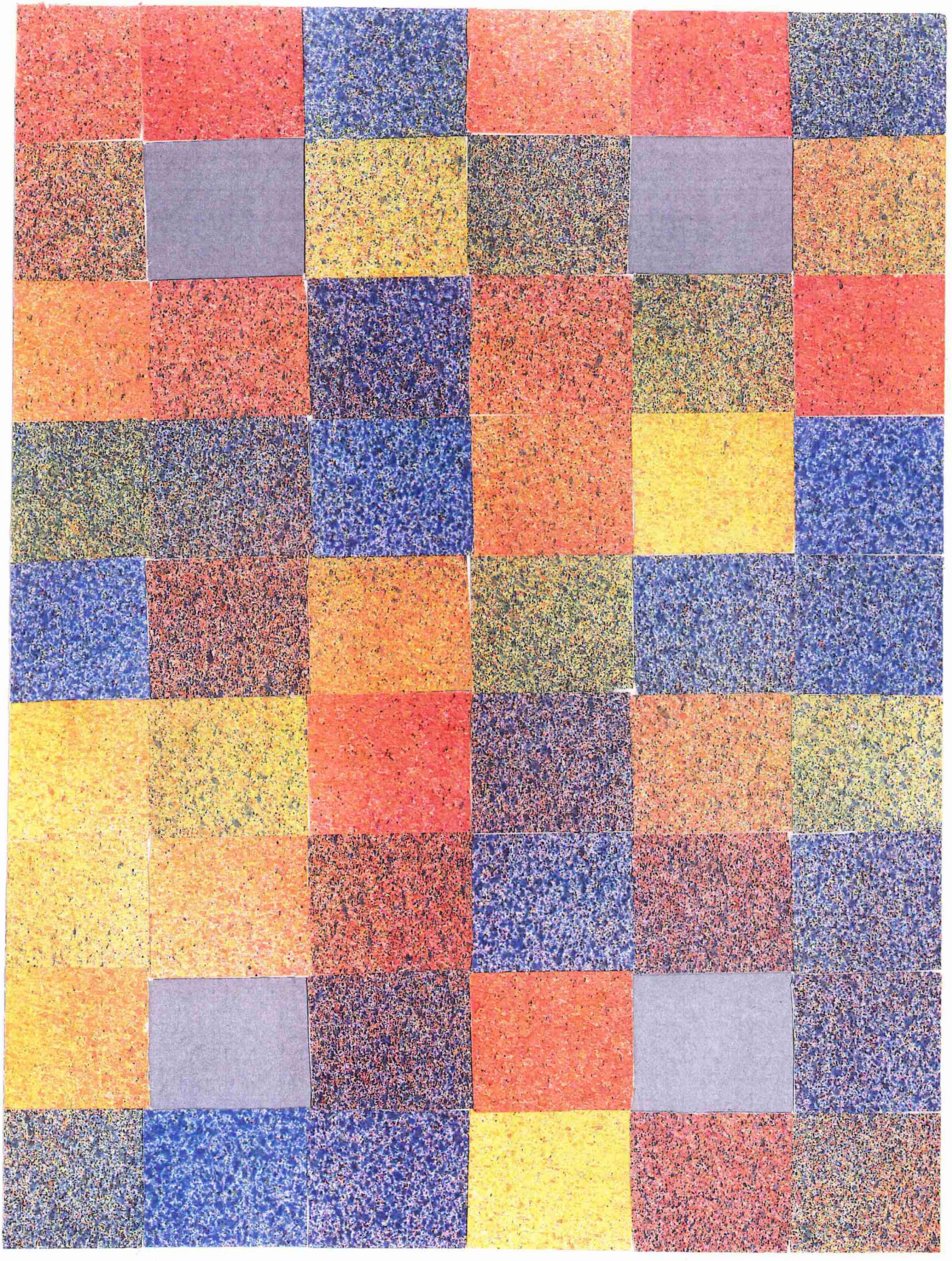
El hecho (caso de la figura nº 3.56, lámina I) de que al fijar la mirada en cualquier parte de dicha composición el color se indetermine, fluctúe e incluso desaparezcan los cuadrados grises, evidencia que las imágenes estabilizadas implican una adaptación de los conos a las zonas concretas a donde enfocan y como bien sabemos el cerebro inhibe toda información repetida de un mismo punto. En el caso contrario, cuando movemos los ojos tanto voluntaria como involuntariamente y paseamos la mirada de un lado a otro, se renuevan todos los colores (o "mantienen fresca la información" como diría Land) avivándose los márgenes de los grises. Solo así cada gris nos parecerá diferente, algunas veces mas diferente que otras.

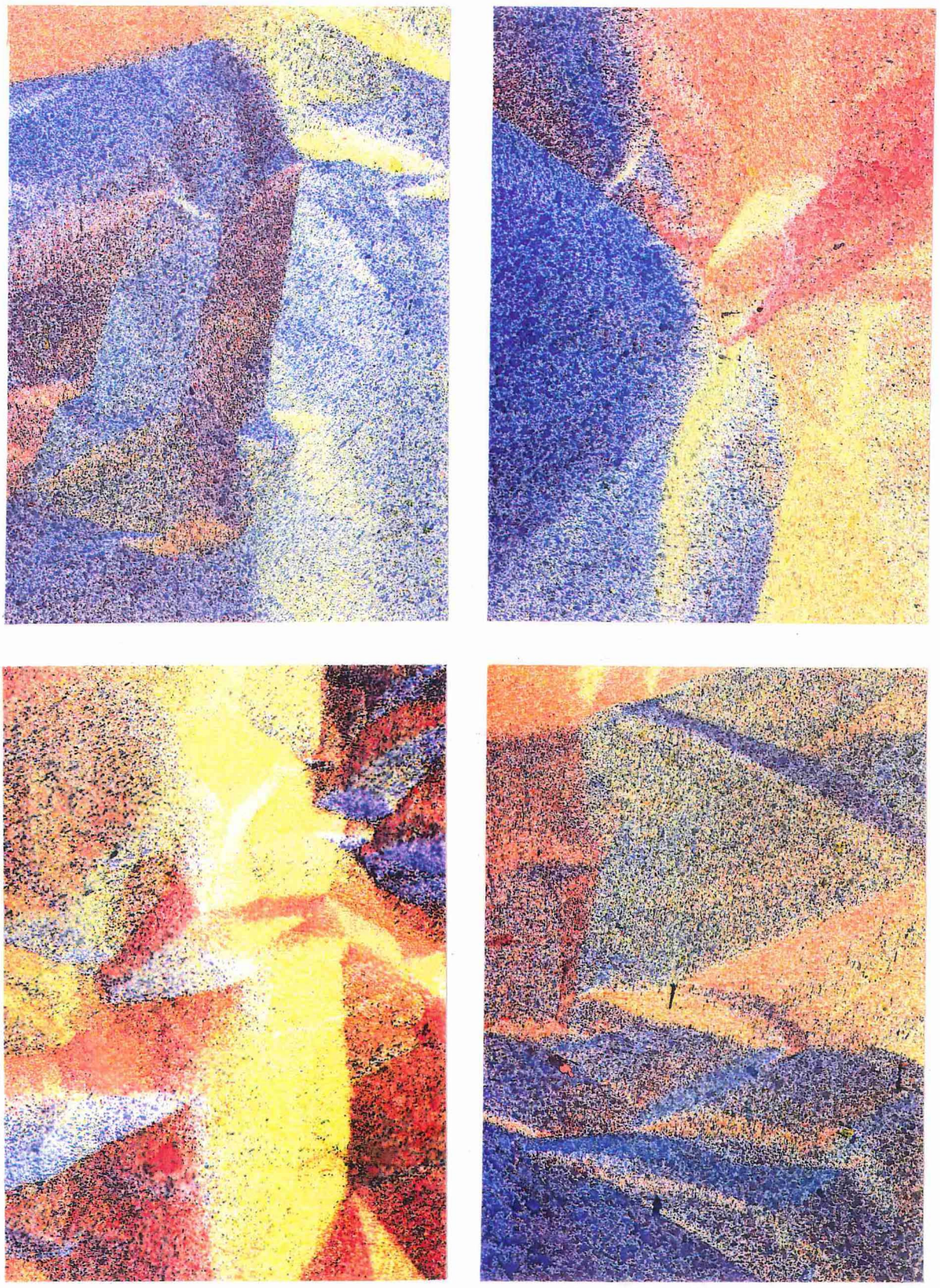
En cambio, el alto contraste de los márgenes que tocan a los grises en la tercera composición, hace que éste último fluctúe menos en su color, con lo cual, así mismo, evidencia el papel que los márgenes juegan en la estabilidad cromática. Márgenes débiles hacen fluctuar las sensaciones cromáticas; márgenes fuertes las fijan. El caso ideal lo constituye la composición IV, ya que un revoltijo al azar emparenta colores dispares, unos con otros, creando márgenes múltiples. Hay que pensar que en esta composición las información cromática es la misma que en el primer caso, pero en cambio, cada zona de color adquiere su entidad cromática gracias a que sus márgenes son vecinos de otros colores, con lo cual el sistema visual tiene un rico espacio en el cual puede recoger información mas fidedigna, comparar y cotejar e interpretar, ya independientemente de la luz incidente, con lo cual emerger una constancia cromática. Así se obtienen las relaciones de reflectancia.











LAMINA V.- Una disposición al azar, pero dentro de un orden cromático crea "forma", incluso sensación espacial. Cuanto mas evidente sea dicho orden (el del nivel de gris) mas fuertes serán las sensaciones estereoscópicas. (figura de construcción propia)

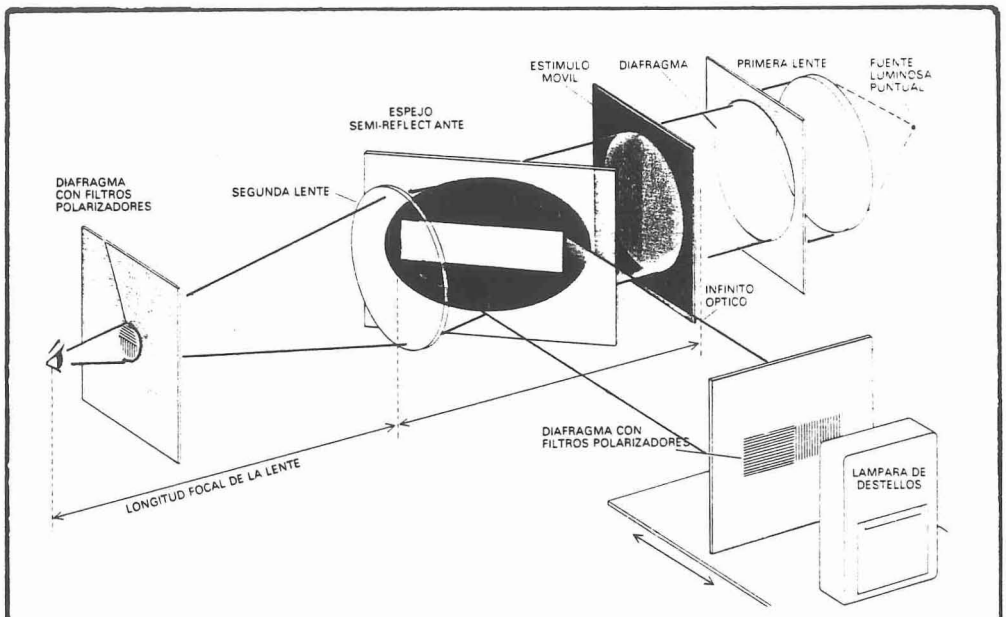
Aquí debiéramos de detenernos un poco mas. Lo dicho solo describe los hechos, no nos explica porqué una degradación cromática provoca "ilusiones", "sombras de color", etc, en contraposición a una zona densamente surcada de bordes significativos. Se me ocurre aplicar aquí lo que Land dijo sobre la iluminación variablemente uniforme. Si tomamos medidas entre dos puntos suficientemente lejanos, la luminosidad (y en este caso, la cromaticidad) es muy desigual. En el primer cuadro, entre una esquina y otra, para lo cual el ojo solo tiene que hacer unos rápidos movimientos, se distinguen claramente el azul del rojo. Comparaciones entre zonas mas cercanas (desde un vértice al centro, por ejemplo) el ojo sigue distinguiendo contraste de color pero de forma mas inconcreta; se sabe que en cuanto a la saturación, el brillo y el tono hay cambios, pero no es fácil ver en que medida. Si la comparación entre dos puntos es muy próxima, solo apreciamos el mismo color. Está claro que si miramos por una lupa o un microscopio los puntos de color serán manchas nítidas, con sus bordes y sus contrastes, pero los sistemas retinales, los "campos receptores" (como vimos en "sucesos neurales") son incapaces (no han evolucionado para eso) de distinguirlos. Estos bordes son por lo tanto invisibles para este sistema, pero no así para los conos individuales, que reciben perfectamente su espectro cromático (como si fuese una luz). Los conos por sí solos no configuran "formas" tal y como vimos en el capitulo "concepto de campo receptor". Así, si el ojo no tiene en que fijarse, no tiene porqué ver nada. No tenemos que engañarnos, en el primer cuadro la zona central "se ve" gracias a bordes lejanos (la forma cuadrada de este libro, la forma del cuadro, los rectángulos grises, etc); si éstos no existieran, nada veríamos, pero en el mundo en el

que vivimos es del todo imposible encontrar circunstancias tales.

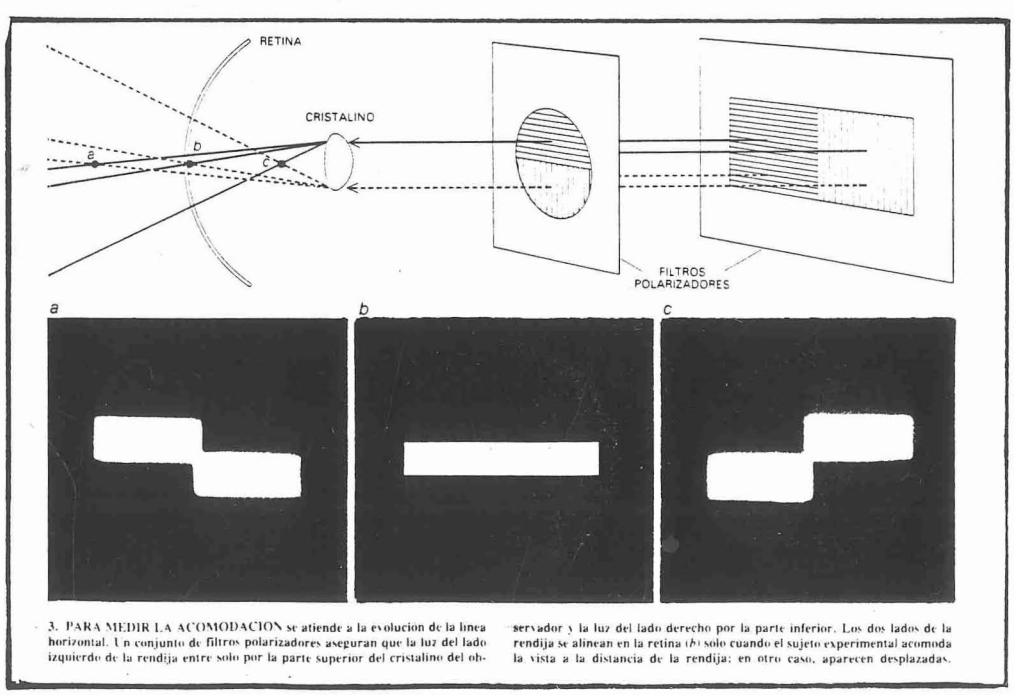
Planteado este problema voy a enunciar otro que en cierta medida sirve de complemento. Me baso en un experimento realizado por Owens y Wolfe (1983) en el cual, gracias a un artilugio óptico (ver figura nº 3.57 a y b) el ojo solo podía ver un borde vertical, al excluir el perímetro del círculo que lo contiene. Esto se consigue haciendo que este perímetro quede enfocado mas allá del infinito óptico (o sea, que nunca puede ser enfocado, se ponga como se ponga el cristalino). A este artilugio se le conoce como visión Maxweliana.

El borde estaba generado en unos casos por una diferencia de claridad y en otros por el color. De todas las pruebas realizadas, la capacidad de acomodación del ojo (enfoque) variaba muchísimo. Así, para un blanco-negro la acomodación alcanzada era de un 100%. Para un borde rojo-negro era del 80%, para el rojo-verde solo se consiguió un 19%. Cuando se repitió con otros colores, azul-verde, rojo-naranja, etc, las acomodaciones fueron peores. Ahora bien, existe un caso en el cual la acomodación es totalmente nula: cuando el borde esta formado exclusivamente por el color, o sea, el que se consigue con colores isoluminantes. En este caso se pueden reconocer colores pero no enfocar (el hecho de que se pueden reconocer colores no invalida lo dicho mas arriba, ya que el contorno y el límite, aunque desenfocado está presente y recorta las zonas).

NOTA 3.26.- Los contornos isoluminantes (bordes entre isoluminantes) son invisibles para los sistemas de enfoque.



2. SISTEMA EXPERIMENTAL diseñado para el estudio de la capacidad de acomodación a un borde de un estímulo isoluminante. La primera lente, situada en el ángulo superior derecho, colima un haz de luz. Este haz atraviesa un diafragma y, luego, el estímulo, que tiene un borde vertical definido exclusivamente por los colores rojo y verde. Una segunda lente dirige el haz hacia el ojo del observador. Mediante un dispositivo adicional, formado por una lámpara de destellos, una rendija móvil y un espejo semirreflectante, se superpone brevemente una línea horizontal sobre el estímulo insoluminante.



3. PARA MEDIR LA ACOMODACION se atiende a la evolución de la línea horizontal. Un conjunto de filtros polarizadores aseguran que la luz del lado izquierdo de la rendija entre solo por la parte superior del cristalino del observador y la luz del lado derecho por la parte inferior. Los dos lados de la rendija se alinean en la retina (*b*) solo cuando el sujeto experimental acomoda la vista a la distancia de la rendija; en otro caso, aparecen desplazadas.

Fig.-3.57 -(Jeremy M. Wolf: 1983, p.54)

Así pues, si al primer problema planteado de las dos zonas suficientemente cercanas cuyos gradientes cromáticos no son contrastantes y encima puede decirse que son isoluminantes, le sumamos este segundo, en el cual queda demostrado que la acomodación del cristalino es ciega al color, reiteramos por doble partida la constatación de que el ojo no ha evolucionado para resolver plausivamente estos problemas, que son el producto de realizarse en condiciones raras.

Pero todavía falta una tercera, que la he realizado en base a la teoría retinex. He empleado para ello varios tipos de filtros. Los he combinado según fuesen de onda larga, media o corta y según esa tríada confeccioné los diferentes planos de la figura nº 3.58. El objeto de estudio es el primer cuadro (lámina I) de los experimentos anteriores.

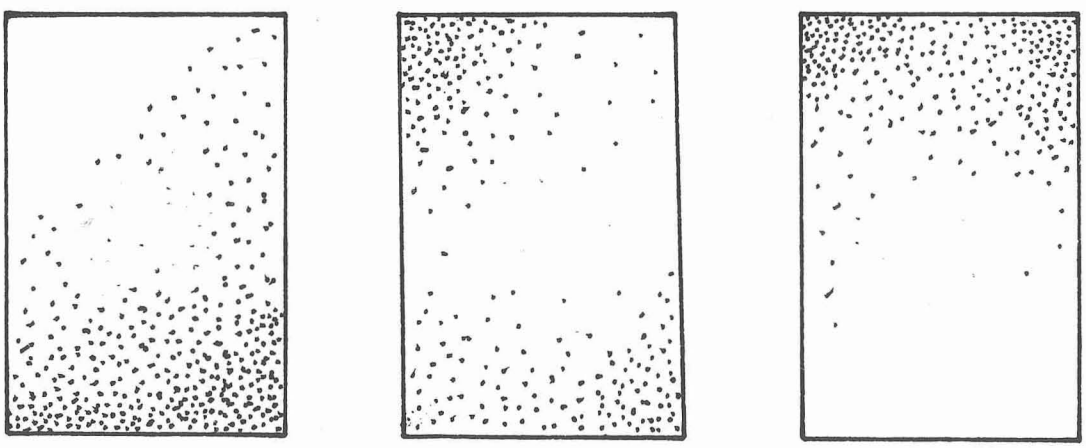


figura nº 3.58.- (figura de elaboración propia)

Tal y como se ve, el porqué de los colores de los círculos grises queda bien claro por la teoría retinex. Cada tipo de filtro da una combinación diferente de grises donde los efectos o "ilusiones" tienen su fundamentación objetiva. Pero otra cosa muy interesante es ver que los grises del fondo no se solapan completamente. Existe una zona central bastante extensa donde la tríada de longitudes de onda es la misma. Si mezclamos a, b, y c de la figura nº 3.58 tenemos como resultado la figura "b" donde se aprecia que la zona central está en blanco. Y si esta zona no recibe el triplete informativo es por lo tanto lógico que no se vea color. En estos casos de degradaciones, parte del color (en zonas que tienden al gris) es "deducido" por el ojo, tanto a través de influencias actuantes desde los colores mas saturados como por una memoria, un conocimiento previo de que estas cosas ocurren así. Si nos fijamos en la zona verde, vemos que este verde se extiende hasta el azul o el rojo; mucho mas allá que cuando nos fijamos en el rojo, que vemos como se acerca al verde. Podemos suponer que al menos, en cierta medida éstos colores son creaciones mentales, del conocimiento (por lo demás, estos colores serían inconcretos).

Ahora veamos lo que ocurre con un gris de los que tal y como hemos visto no tenía una tríada cromática clara, cuando se encuentra rodeado por otros colores al azar (caso de la lámina IV):

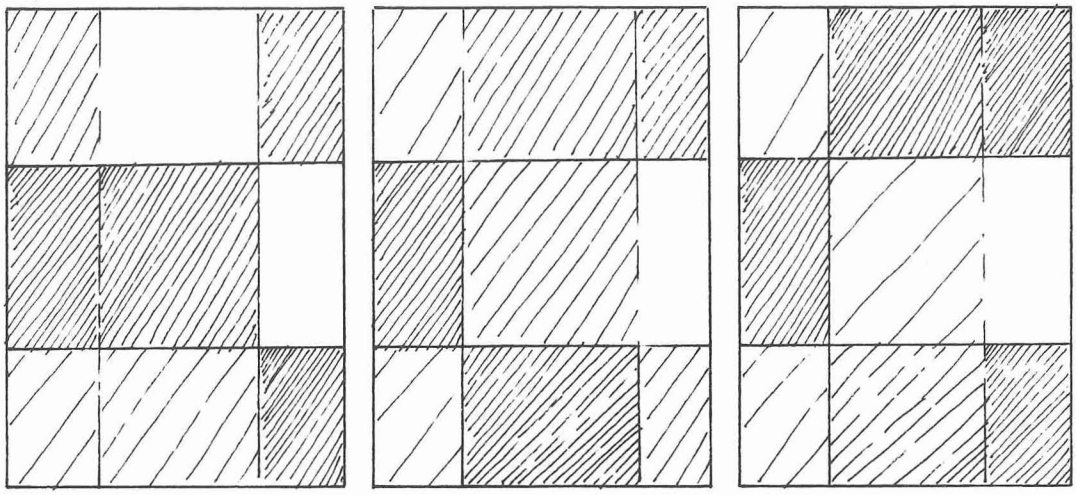


figura nº 3.59.- Aplicando los tres filtros a una zona de la lámina IV tenemos este resultado. Cada superficie puede ser perfectamente definida gracias a sus bordes.

He argumentado de tres formas diferentes las posibles causas por las cuales suceden esos efectos. Lo mas probable es que todas esas causas tengan un substrato común. Lettvin infiere de sus experimentos que a medida que el entorno de una región se hace mas variada, el color del área gana en definición y estabilidad con el tiempo. Así como que el color se convierte en una correlación mas fidedigna de la reflectancia del área. como se ve, esto ha sido ampliamente demostrado por mis mediciones con un gris indefinido, con lo cual no parece haber duda en cuanto que en el mundo real la regla es la diversidad. Si recordamos el capítulo dedicado al entorno del SFVI, vimos que la composición electromagnética y las disposiciones espaciales de la materia son caóticas, variadas, complejas, etc. Así, el sistema visual alcanza su máxima resolución, su "constancia cromática" cuando está

inserto en un ambiente tal, que ha sido la condición selectiva que lo ha hecho evolucionar.

NOTA 3.27.- La "variabilidad" del mundo, su diversidad, se constituyen en condiciones selectivas de la evolución del sistema visual (neural) dada su importancia en cuanto necesarias para que se de la constancia cromática, o lo que es lo mismo, que se "vea" mas fidedignamente las interrelaciones entre las partes de una escena.

Pero esta evolución lleva consigo toda suerte de mecanismos de acomodación, como pueden ser los movimientos oculares involuntarios, enfoque automático, vectación, etc. Así pues, en palabras de Lettvin: *"En el mundo real, la regla es la diversidad. Raramente se da una representación ordenada del tipo mostrado en la primera composición excepto en los patrones de camuflaje que confieren a los animales su coloración protectora. Esta diversidad natural, y el cambio continuo en la dirección de la mirada, aseguran que el entorno espacial de un área y la historia temporal de la exposición de los conos a la luz ofrecen la amplia variedad que el ingeniero de un sistema de visión en color desearía"* (Y.Lettvin: 1986 p.63)

Así pues, nos queda hablar sobre la historia temporal de una región retiniana.

Modelo de Control Automático de Ganancia.-

Ya que quedó clara la necesidad que tiene la retina de cambiar constantemente de tipos de radiación, veamos pues como puede conseguirlo. Lettvin, propone que una de las operaciones mas útiles en cualquier sistema sensor, natural o artificial, es la de normalización continua. Los psicólogos la denominan adaptación y los ingenieros la conocen por control automático de ganancia. Se basa en un ajuste constante de la sensibilidad del sistema al promedio del nivel de entrada, de manera que todos los cambios están dentro de unos limites de la gama dinámica.

Según Lettvin, si llamamos "L" a la intensidad de la luz que cae sobre un cono y "A" a la historia progresiva de la luz que le llega, ésta última es un promedio de las intensidades de las luces que recientemente han llegado al cono, ajustándose de suerte que el efecto de una luz disminuye en función de su distancia con el pasado.

El control automático de ganancia vendrá dado por la relación:

$$C=L-A/L+A$$

bajo luz constante A se iguala a L con lo cual C=0, así cuando se incrementa L, C toma valores positivos y si se mantiene A llega a L y la relación baja de nuevo a cero. Lo mismo ocurre para una disminución de L. Así pues:

para todoΔ L, C=(+) y para todoΔ Lxdt, A-Δ L y C $\rightarrow$ 0
para todo -Δ L, C=(-) y para todo -Δ Lxdt, A-Δ L y C $\rightarrow$ 0

Así pues, los límites de compresión serían:

Para todo incremento o disminución fijo de L, la respuesta es un cambio fijo en la razón. Si el cambio es un múltiplo inmenso de A solo puede hacer que se aproxime al valor de +1 o -1. O sea:

> para todoΔ L=r yΔ L=-r , siendo "r" una fracción fija de su valor, C=±R, siendo R un cambio fijo de C.

Sea pues r y -r múltiplos inmensos o diminutos de "a": habrá un máximo para C=+1 y C=-1 respectivamente. Por lo tanto "c" se encontraría entre:

> -1<C<+1, que sería el límite de compresión.

Siguiendo con la teoría de Lettvin, si esta estrategia de control es seguida por un lámina de conos independientes entre sí, una imagen estabilizada sobre esa zona produciría una señal C=0 en cualquier punto. Ahora bien, si los conos se encuentran interconectados lateralmente (que es así como lo están, si recordamos el segundo capítulo), de forma tal que el tipo de conexión implique impulso nervioso, una imagen estabilizada continúa dando la señal de C=0 en cualquier punto.

Si esto es verdad, para cualquier cambio de L en un cono determinado se leerá de dos formas diferentes: con respecto al nivel de adaptación del cono en sí (o sea, A) y con respecto a todos los "a" de los conos adyacentes. De esta manera los distintos conos crean un promedio

temporal de la luz oscura (A) y sus interconexiones proporcionan un promedio espacial.

> *"...tres láminas interconectadas de tales conos, una para cada uno de los tres pigmentos del cono y numéricamente relacionadas entre sí, crean una referencia tricromática para un cambio de L en cualquier parte de la imagen. Las señales de salida no dan información alguna de las normalizaciones subyacentes; se han ajustado automáticamente por sí mismas para compensar cambios en iluminación...la diversidad (como característica del mundo real) permite que la historia de todas las zonas retinianas locales, en el caso del ojo que vaga, sea generalmente la misma. Permite también que el promedio de las diversas luces que inciden sobre cualquier área retiniana local tenga buenas probabilidades de aproximarse al promedio del campo visual, mas ámplio, en torno suyo. Además posibilita que el promedio espacial se asemeje a los promedios temporales. Por eso, la diversidad del mundo asegura que las comparaciones locales a través de las lineas de demarcación ofrezcan buenas probabilidades de producir constancias cromáticas fiables a toda una escena".(Lettvin et alt: 1986 p.64)*

Podemos representar gráficamente como se produciría tal efecto. Para el caso de un leve movimiento, la imagen retiniana es bruscamente desplazada por toda la retina

Incluso en un movimiento sacárido, que al fin y al cabo existe para eso, cada cono es bombardeado por cantidades muy dispares de energía electromagnética en tiempos infinitesimales. Así, en la figura nº 310, el cono en A (antes del movimiento sacárido) y luego en A' (después del movimiento). En números arbitrarios, la franja de diferencias de intensidad de luz (gráfica "a") nos ilustra la historia de A. Si es verdad que existe un promedio inversamente proporcional al tiempo, en A'y a lo largo de todo su recorrido podemos "podar" la gráfica que nos quedaría de la forma indicada en "b" y

que correspondería a los estados del factor "C" o razón del control automático de ganancia. Pero ya vimos que cuando hablamos de la retina, no podemos saber si ésto es cierto. La retina, dada su complejidad, puede realizar éste trabajo sin ningún esfuerzo, pero también lo puede hacer de controles mucho mas sofisticados, ya que tiene capacidad para ello.

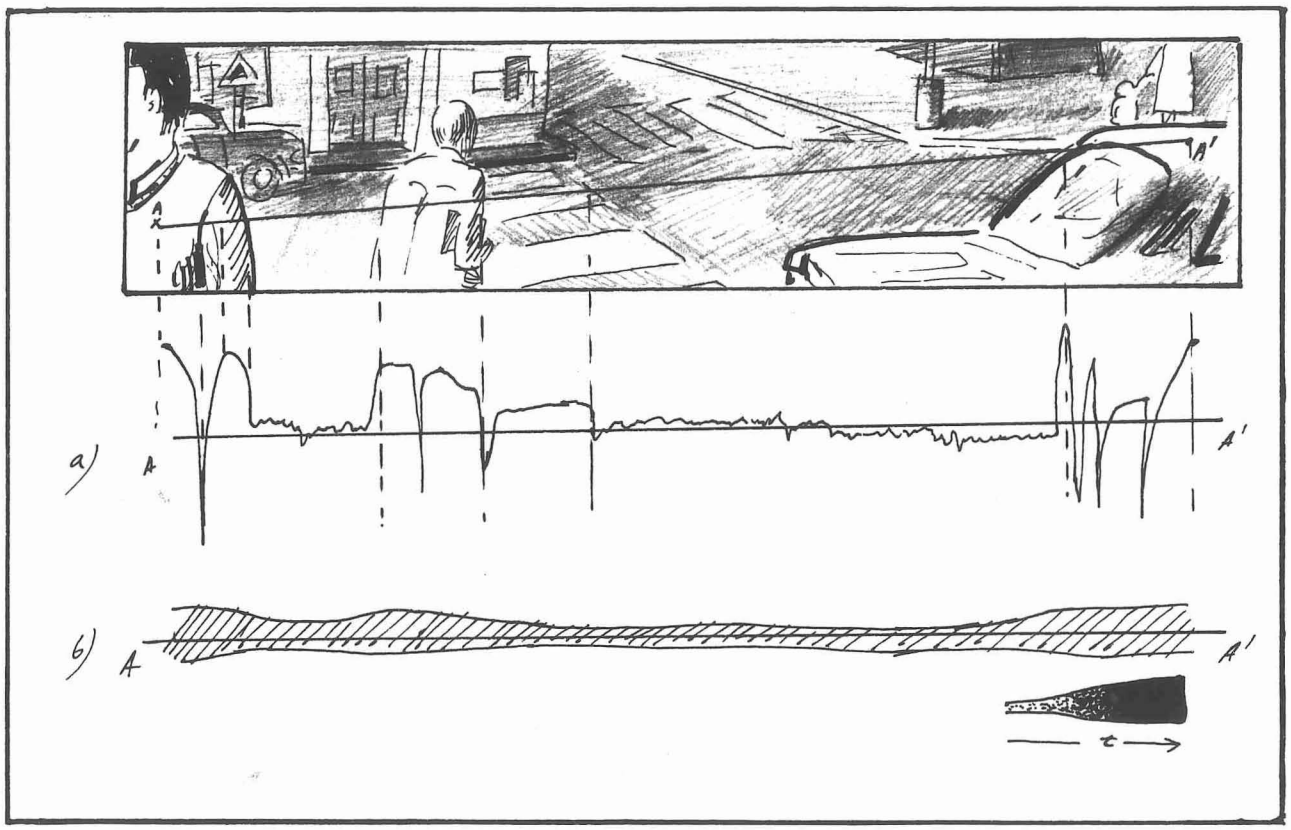


figura nº 3.60.- en un golpe de sacudida rápida o simplemente si trasladamos la mirada de un lado al otro de nuestro entorno, sobre un mismo grupo de fotorreceptores y sistemas asociados, habra un bombardeo altamente dispar de energía lumínica.

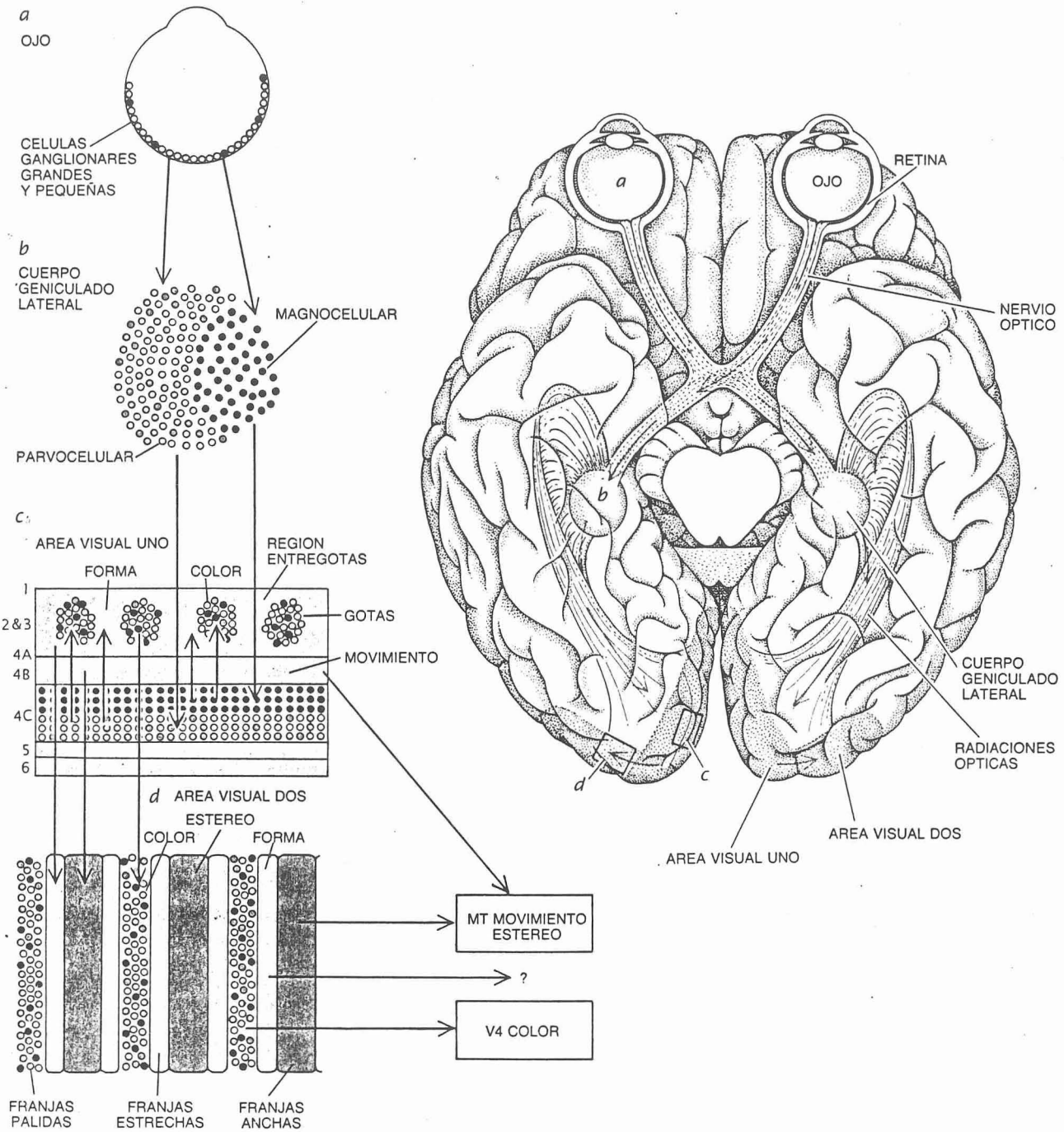
¿Se puede inferir la forma a partir del color?.-

Creo que ahora estamos en disposición de hablar sobre como podría inferirse la forma a partir del color, y si esto es posible. Ya hemos comentado en otro lugar de como el cerebro puede hacerlo, al menos después de una época de aprendizaje, gracias a la perspectiva, a la oclusión de un objeto por otro, a la disparidad estereoscópica y por último al sombreado. También hemos visto el tratamiento que le daba la teoría computacional, así como su complejo cálculo.

Nosotros, lejos de admitir una percepción "directa" de tal suceso, vamos argumentar el punto, o la base sobre la cual gira la posible "inferencia" que pueda hacer lo neural de algo tan complejo como puede ser el color. Esto demostrará la forma tan peculiar que tiene lo neural de hacerse con "atributos" de lo real, así como dejar claro que la realidad percibida es "construida".

En principio es una guerra que ya esta perdida de antemano. En todos los libros y artículos sobre el tema, es común la conjetura de que solo en casos muy contados el color puede servir de base para la percepción de la sensación espacial. Por el otro, como artista, y conocedor de como funciona el color dentro del cuadro, me es evidente su "función" dentro de tal sensación de tridimensionalidad. Como veremos, deshacer este lío nos puede aclarar el problema.

Tenemos que comenzar haciendo referencia a un reciente descubri-



2. SISTEMA VISUAL HUMANO, que consta de tres sendas o vías distintas. La luz que entra en el ojo incide en la retina (*a*), donde la captan las células fotorreceptoras, que la convierten en impulsos eléctricos que recorren diversos estratos retinianos y van al cerebro a través del nervio óptico. La primera división del procesamiento de la información se produce en los cuerpos geniculados laterales (*b*), donde las pequeñas células del parvosistema transmiten información sobre contrastes de colores y, las células grandes del magnosistema, información sobre contrastes de luminosidad. Desde las células del magnosistema la información se envía a la capa 4B del área visual 1 (*c*) y después a las franjas espesas del área visual 2 (*d*). En ella se analizan las señales para extraer información sobre el movimiento y la profundidad. La señal procedente del parvosistema se dirige a las "entregotas" del área visual 1 y luego a las franjas pálidas del área visual 2, donde se analiza la forma. Las entradas procedentes de los sistemas parvo y magno se reúnen y combinan en las "gotas", donde se efectúa su procesamiento del color y de la intensidad luminosa. A continuación, la carga informativa pasa a las franjas delgadas del área visual 2, y, de ésta, a la 4.

figura nº 3.61.- figura y texto de Margaret Livingstone: 1988 p.66.

miento (M. Livingstone: 1988) que en nada afecta a lo descrito en "sucesos neurales", sino que por el contrario, corrobora todo el planteamiento que llevamos a cabo.

Margaret Livingstone (colega de D. Hubel) nos recuerda (ver esquema de la figura nº 3.61) que tanto el color como la forma, el movimiento o la información espacial se analizan independientemente, reiterando con nuevos datos y un conocimiento mas fino del cortex (área visual dos) lo que ya sospechábamos.

Se hace evidente que si la información espacial, sobre todo la estereoscópica, es analizada independientemente del color, éste no interviene en dicha construcción. Pero algo tan lógicamente evidente choca con la información espacial que se obtiene cuando observamos un cuadro bien pintado (donde se representa esa falsa tridimensión) y sobre todo cuando se hace coincidir el punto de fuga del cuadro justo en el ojo del observador (si se mira con un solo ojo la sensación es total). ¿Como se puede provocar tal sensación cuando la superficie es plana?. A esto podríamos recurrir respondiendo con lo anteriormente descrito: la oclusión de un objeto por otro, la perspectiva, etc. También he comentado que estas condiciones "a secas" no crean sensación espacial alguna, si bien, como veremos seguidamente con un estudio minucioso de la inferencia por el sombreado, tales condiciones (directamente perceptibles) son un conglomerado muy complejo de interrelaciones entre psicones o subsistemas neurales.

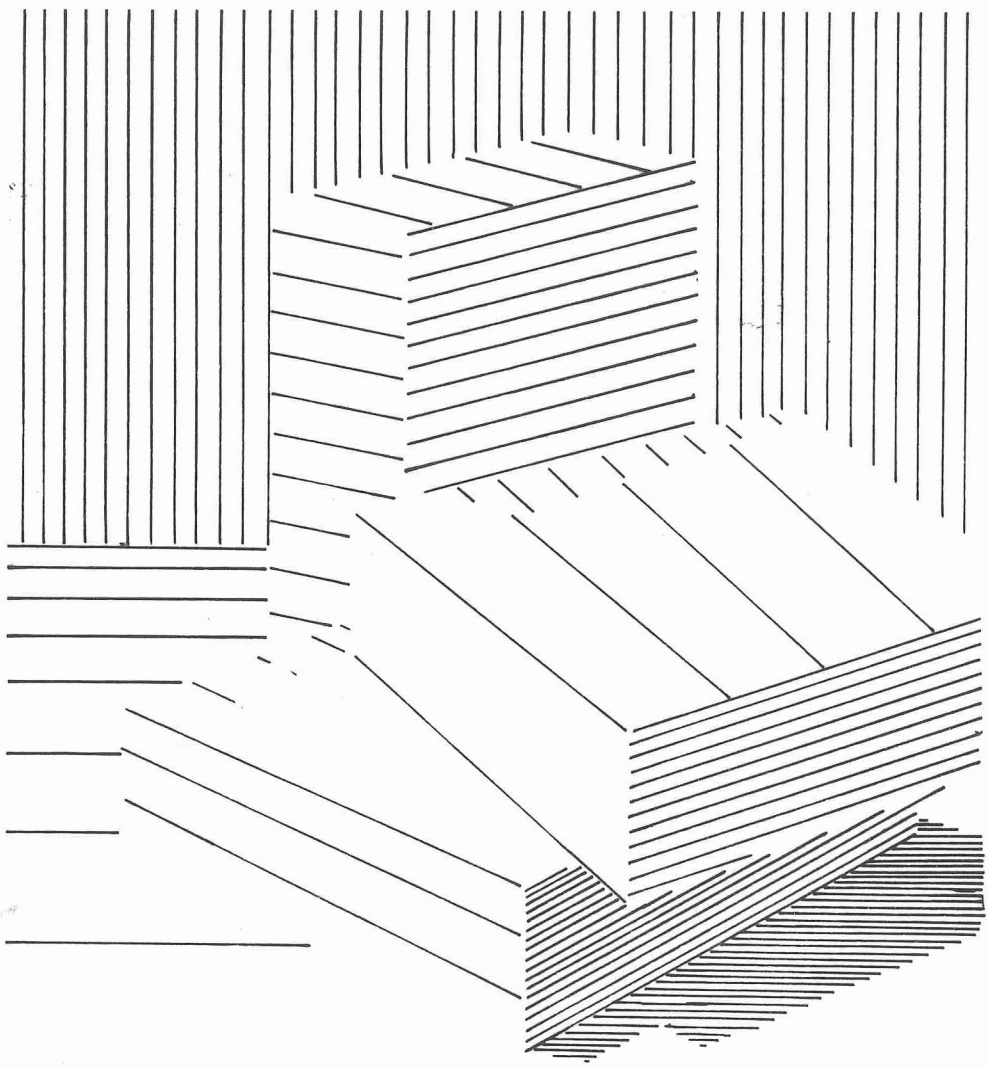
Veamos cual es el problema. Para ello he confeccionado las siguientes figuras:

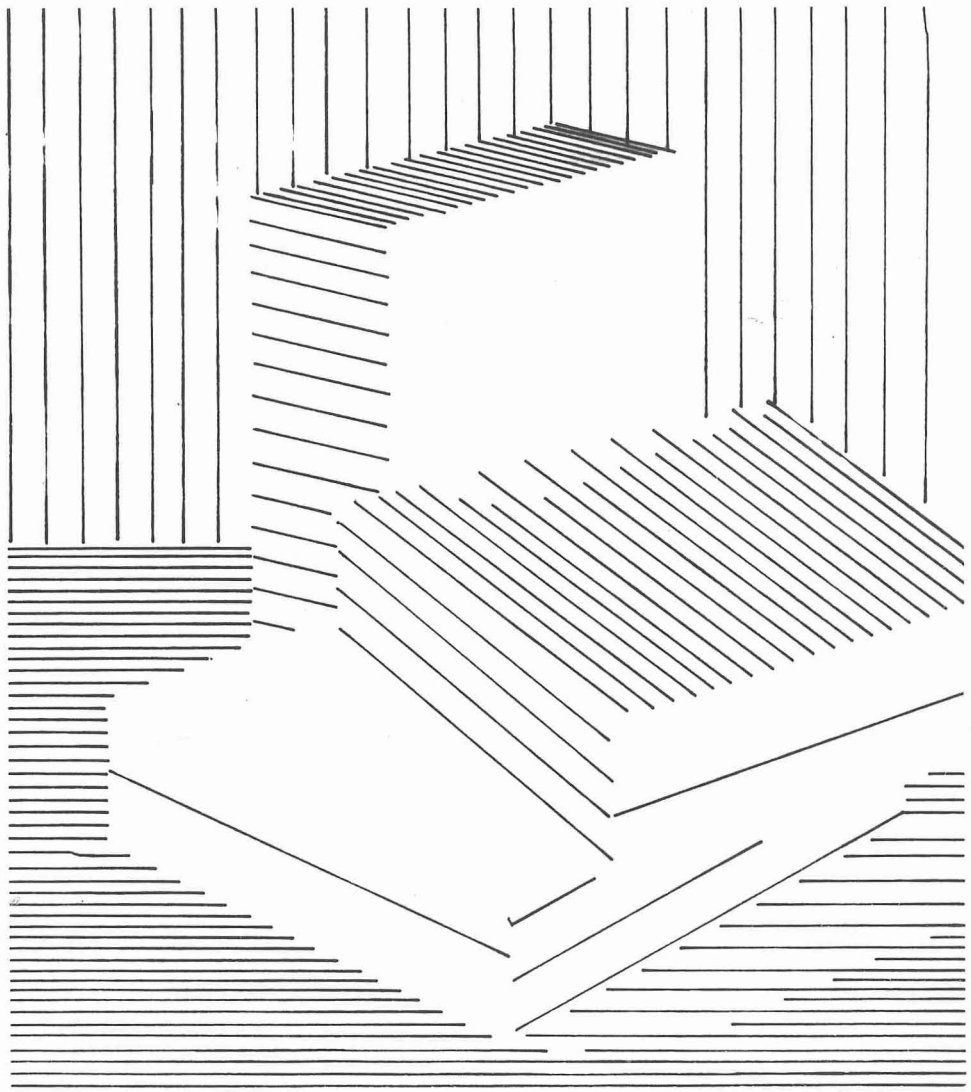
Mirando la primera lámina, los grises tienen una coherencia o similitud con lo que normalmente sucede en nuestro entorno. No solo el valor de cada gris con respecto a la superficie que ocupa (y representa) sino por la interrelación con los otros grises o superficies.

Contemplando la segunda lámina que ha sido construida con tonos grises al azar, se constata que si bien podemos reconocer el motivo, éste se nos presenta como algo "irreal", algo así como el "negativo" de una película fotográfica. Si comparamos las dos láminas es evidente que en la primera conseguimos tener mas sensación espacial. Pero, ¡ojo¡... con una fuerte sugestión podemos conseguirlo también con la segunda.

Podemos hacer lo mismo con colores, pero esta vez según varios parámetros:

Una primera lámina con cierta interrelación de color semejante a las del entorno cotidiano, pero donde los colores de onda larga (colores calientes, rojos, naranjas, etc) se sitúan en los primeros planos. Los de onda corta (colores fríos, verdes, azules, etc) en los fondos.





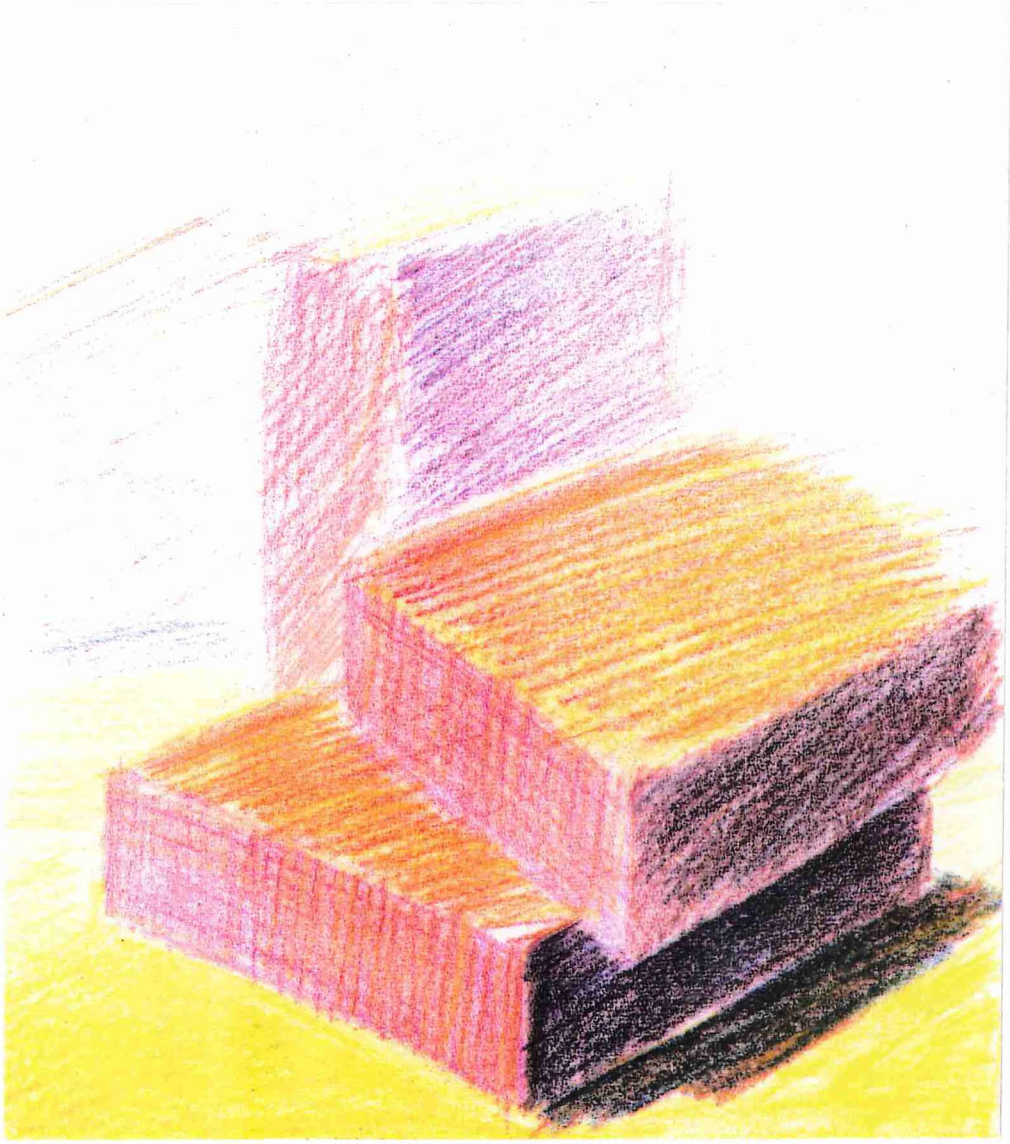


FIGURA 1

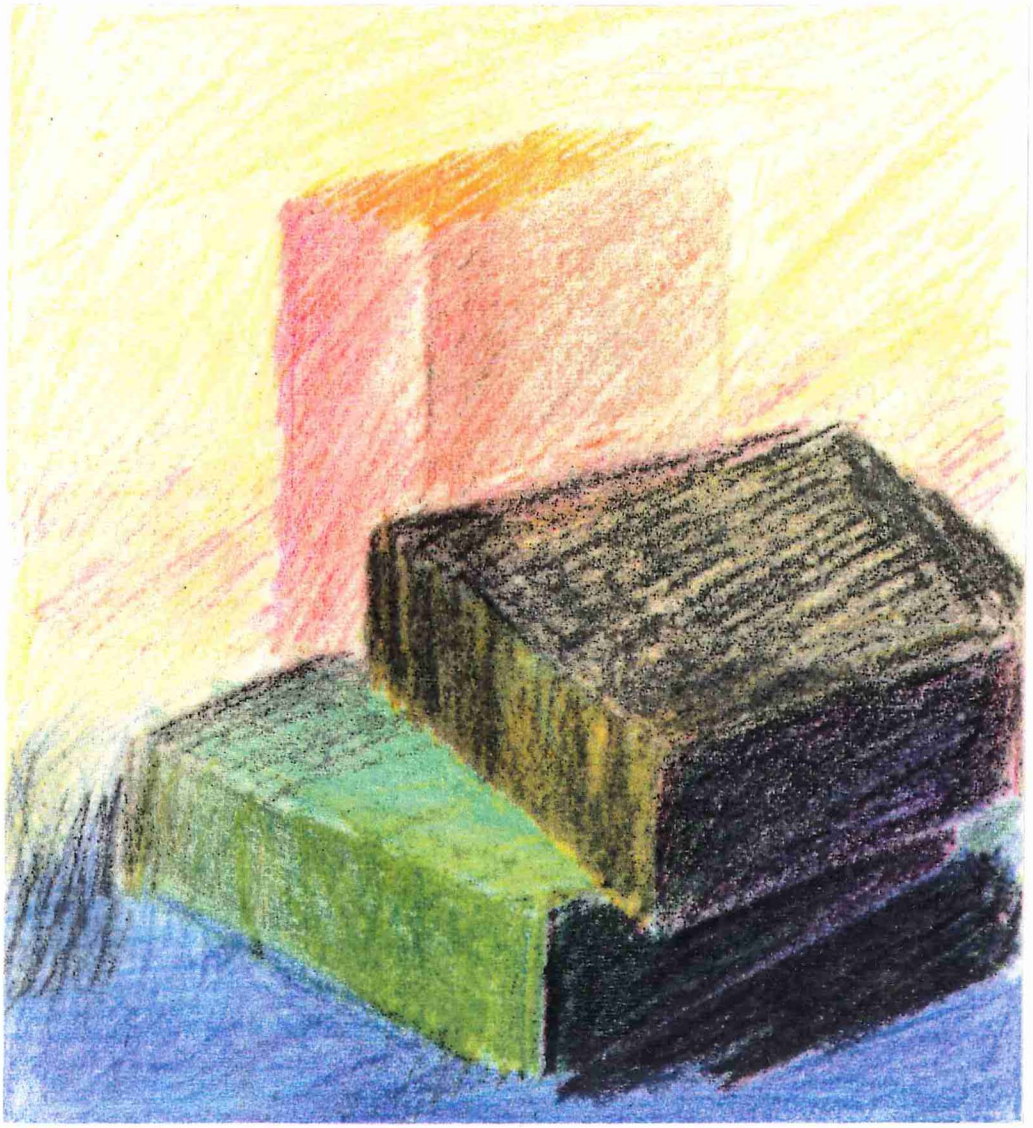


FIGURA 2

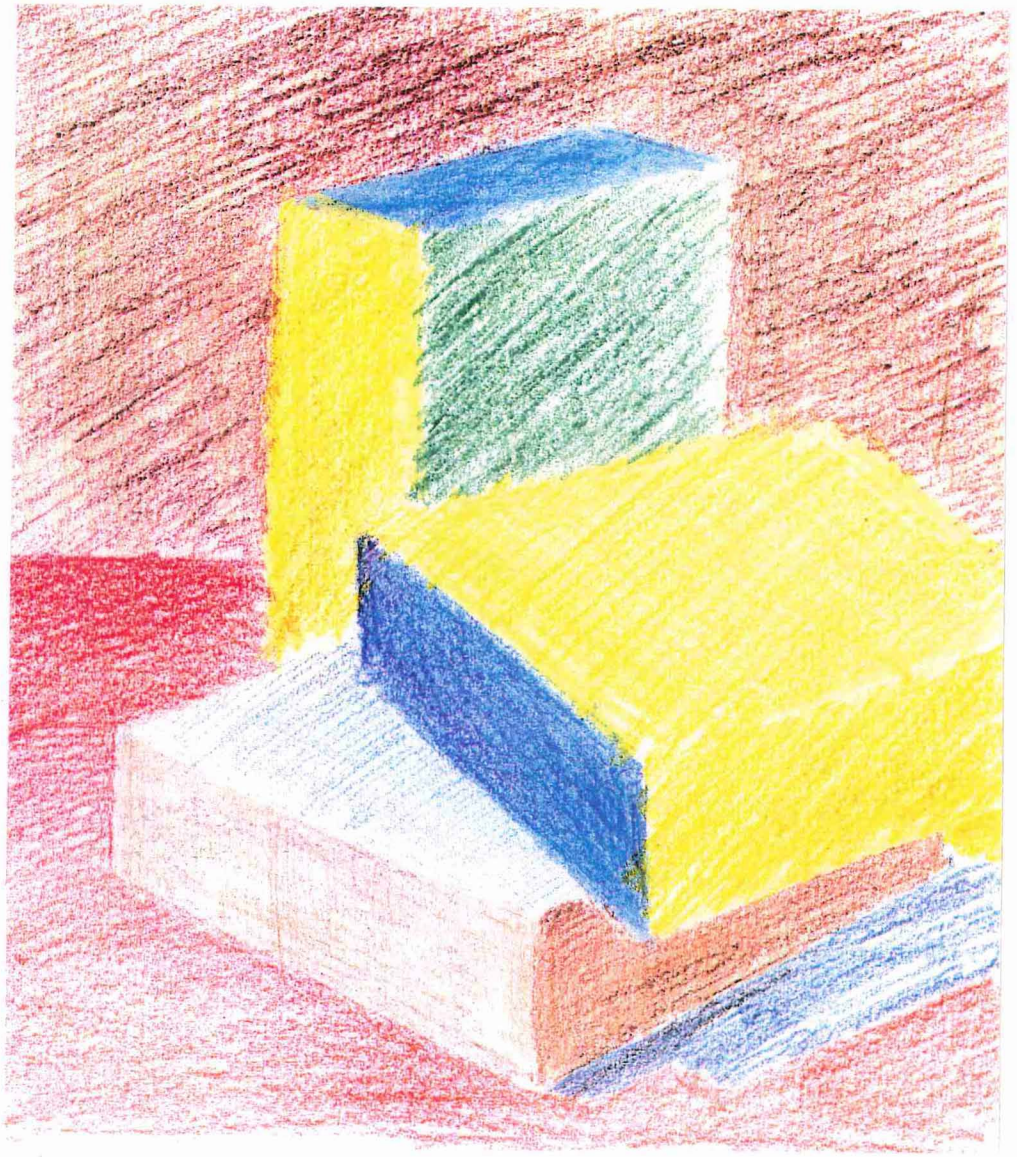


FIGURA 3

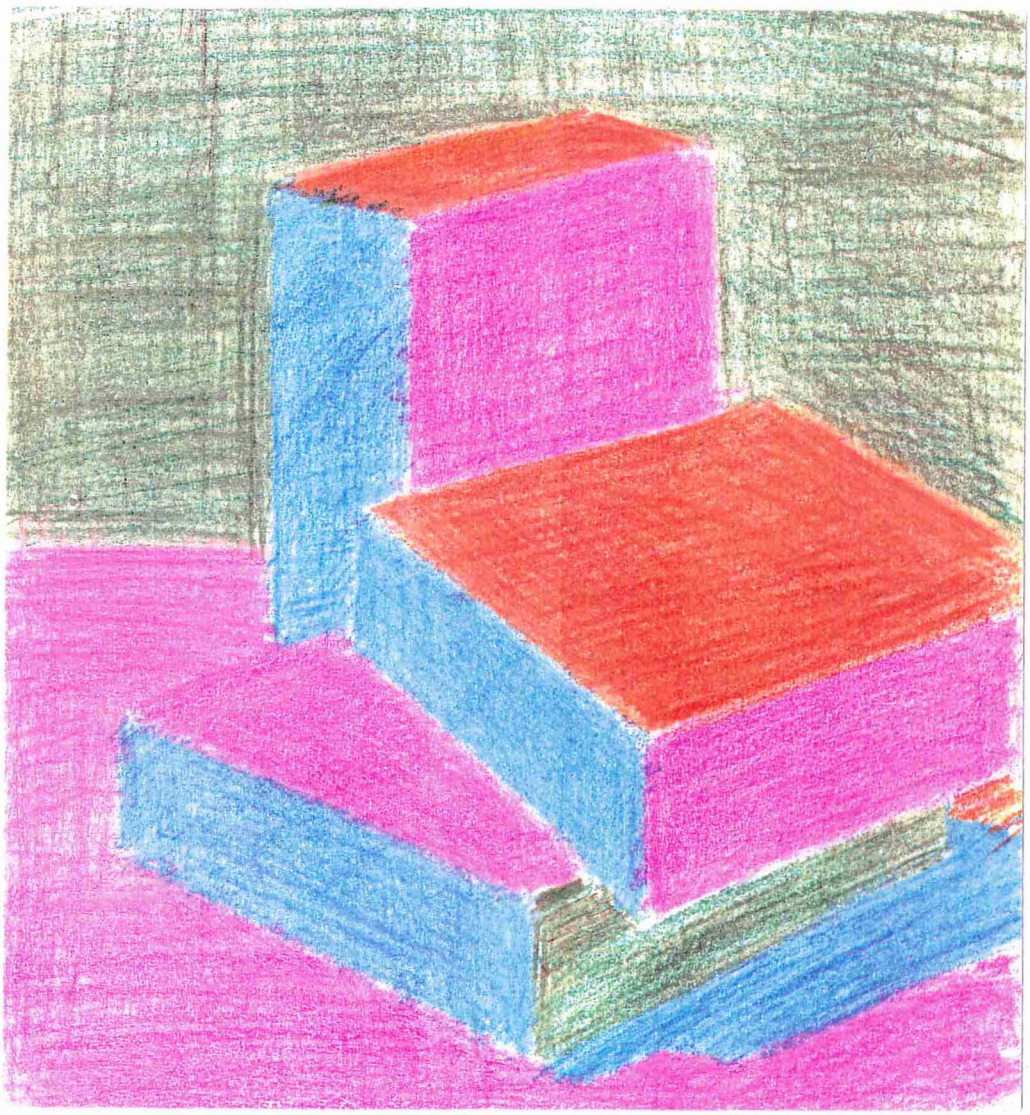


FIGURA 4

En esta segunda lámina, se mantiene la interrelación entre los colores pero cambiando el eje fríos-calientes, o sea, en los primeros planos colocamos los fríos y en los fondos los colores calientes.

En la tercera lámina he trastocado todos los colores, asemejando el resultado a cuando lo hicimos con los grises.

Una cuarta y quinta lámina, quizás las mas interesantes, los colores son isoluminantes, con lo cual el resultado es eminente plano.

Queda claro que sobre la coordenada fríos-calientes, siempre que se mantengan la otra dimensión constante (nivel de gris), no existe una forma clara de ordenamiento de los colores. Digamos que cualquier color puede ser colocado en cualquier lugar siempre que se mantenga su brillo. Esto está totalmente en contra al dicho o la conjetura de que los colores fríos se alejan y los calientes se acercan dentro de un cuadro o una representación. Esto solo es verdad dentro de la "sugestión" o de una sugestión mucho mas duradera como la que portan las pautas culturales. Si nos creemos que los fríos se alejan (dan sensación de lejanía), nos dan dicha sensación.

El hecho de como nuestras opiniones o nuestro adiestramiento estético puede influir sobre las percepciones, lo muestra la lámina donde los colores han sido distribuidos al azar. Si ahora vemos claro que es

gracias al brillo (nivel de gris) con lo que se consigue cierto orden tridimensional, vemos que cuando no lo tiene (caso de la lámina) el cerebro intenta ordenarlo de alguna manera. Digamos que el cerebro lanza hipótesis según lo que tiene delante.

Y donde se corrobora todo lo dicho es en las dos últimas láminas. Dos colores son isoluminantes cuando sus niveles de gris son el mismo. El resultado es pues una representación plana y donde ni lo frío se aleja ni lo caliente se acerca.

Esto podíamos haberlo dicho cuando hablamos de los experimentos de Gilchrist, ya que se evidenciaba cierto ordenamiento espacial del nivel de gris, constatado por el hecho de que la percepción de un mismo gris se modificaba dependiendo del espacio que el cerebro le asignase. E.Burgos, de la E.T.S.I. de Agrónomos de Córdoba en unas investigaciones sobre la "dependencia de las escalas de claridad con el tamaño y separación de los estímulos visualizados" escribía algo así: "... *es necesario indicar que el tratamiento de la información es un problema de orden y que las categorías de la variable color no dispone de un nivel de organización perceptiva que conforme una imagen ordenada; y además para ciertas dimensiones de la componente información, el número de niveles selectivos de las variables visuales acromáticas llega a igualarlo en la cualidad de la percepción visual selectiva*" (citando a J.Bertin 1973 en E. Burgos et alt: 1984 p.251)

Pero veamos otros experimentos, y en este caso debidos a Vilayanur S. Ramachandran (1988), donde parte de unas figuras como las representadas en las figura nº 3.68 y 3.69 (V. S. Ramachandran: 1988 p. 70-75).

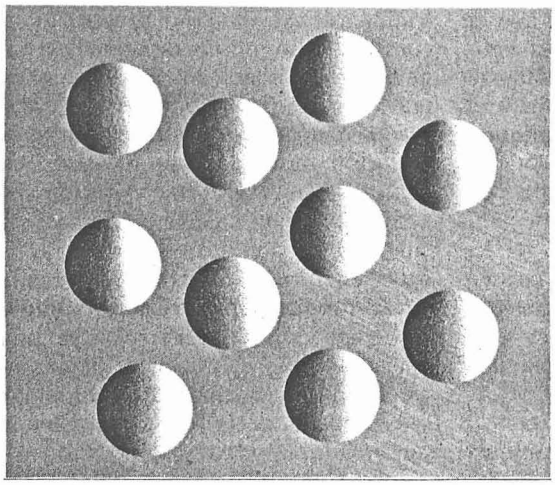
El resumen y descripción de dichas figuras es la siguiente:

figura 3.68 "a".-hay un solo tipo de diseño, y por ello la figura es ambigua y fluctúa entre hueco o esfera alternativamente.

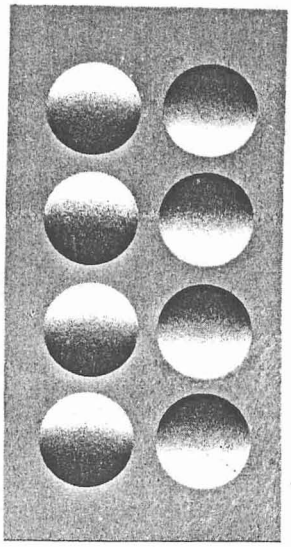
figura 3.68 "b".- hay un tipo de diseño pero de orientación contraria. La figura alternativamente cambia de hueco a esfera pero lo hace por conjuntos o grupos de diseños. Esto quiere decir que la derivación de la forma a partir del sombreado es un proceso global que implica todo el campo a la vez. En este caso se da por supuesto una sola iluminación.

figura 3.68 "c".- en este caso la orientación de los diseños esta hecha para hacer explicita la importancia de la dirección de la iluminación. Yo, en particular, no he conseguido que cuando la iluminación parece ser "de arriba" que es lo mas primitivo, me persistiese como esferas el diseño de la izquierda. Me fluctuaban por igual las dos.

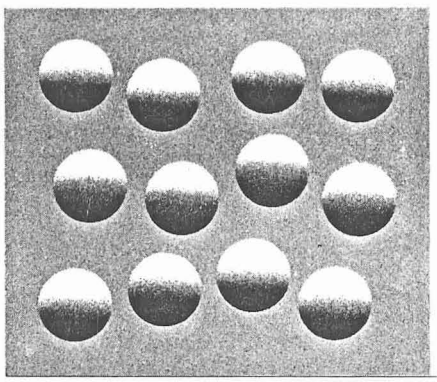
figura 3.68 "d".- esta figura es muy interesante. Si las observamos con sensación espacial, la figura de la izquierda es "simétrica" y la de la izquierda "asimétrica". Por el contrario, al observarlas planimétricamente vemos que es al contrario. La figura realmente simétrica es la de la derecha.

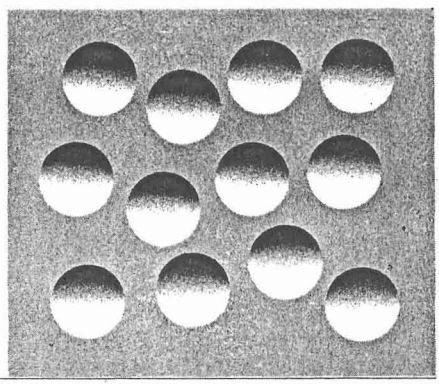


a

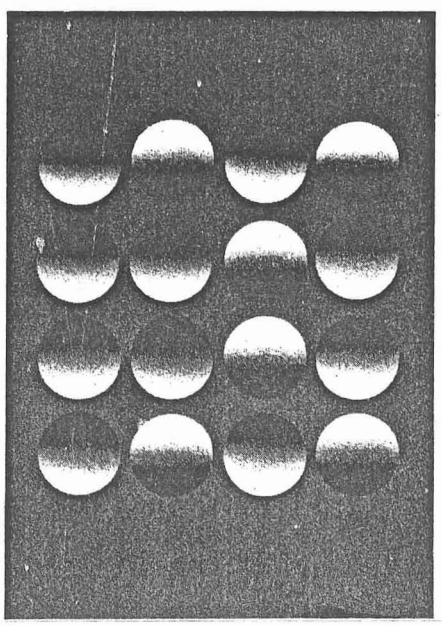


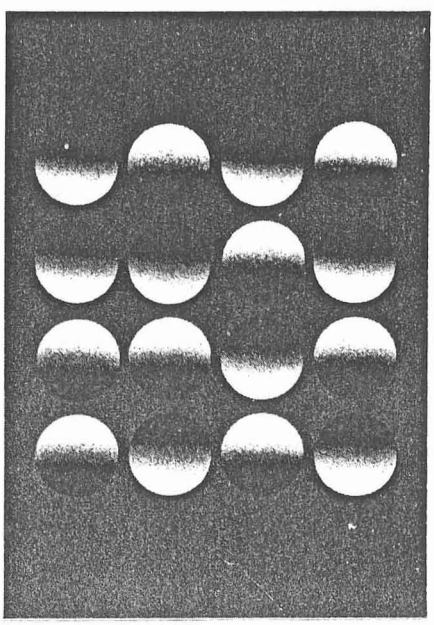
b



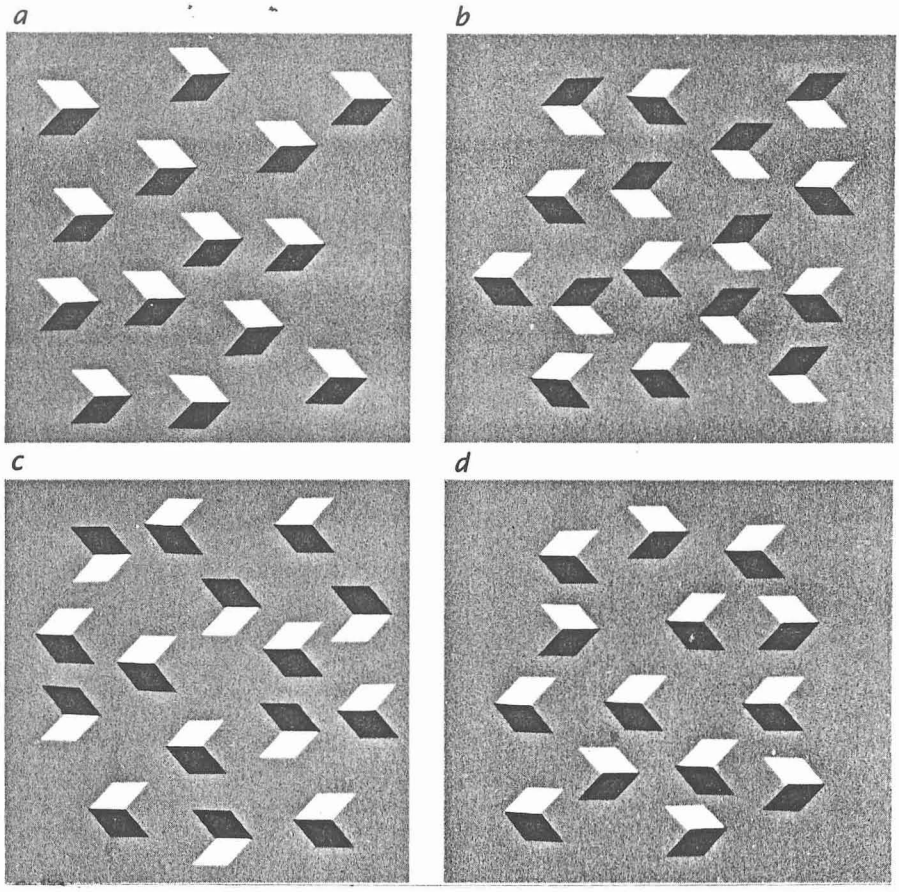


c





d


a
b
c
d

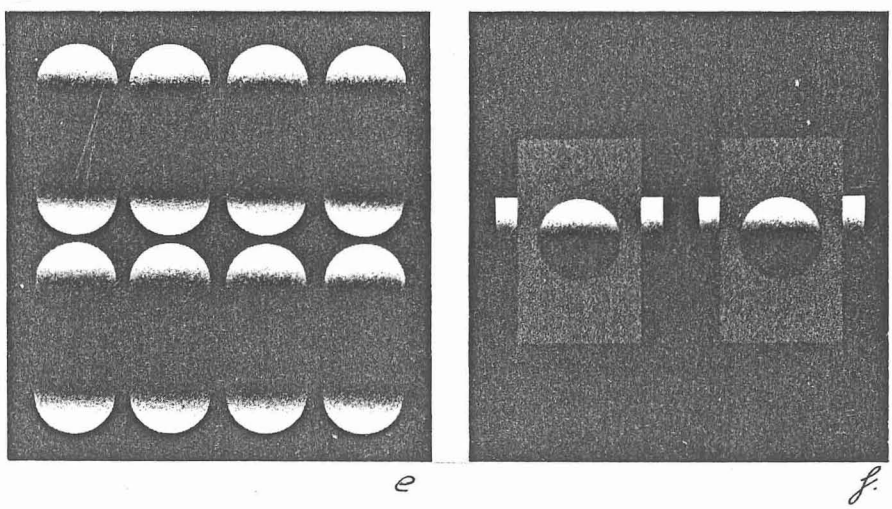

e
f.

figura 3.69 "a".- la imagen fluctuará entre "cubos" y "estelas". Viendo a una, las demás serán iguales. Esto también reitera lo de la unicidad del foco de luz.

figura 3.69 "b".- aquí la "unicidad de la fuente de luz" ha sido alterada por el hecho de cambiar el color de las caras alternativamente. El cerebro tiene que buscar otros recursos para lanzar una hipótesis perceptiva: son cubos con caras de diferentes color (la dirección le ha podido al foco).

figura 3.69 "c" y "d".- los recursos para dar una interpretación plausible fracasan mas en "d" que en "c", ya que al menos en este último, el cerebro puede interpretarlo como un conjunto de "estelas" y "cubos" ya que se puede recurrir a la unicidad del foco de luz. Pero sigue siendo bastante ambigua ya que solo se consigue aisladamente, por partes del dibujo, no en su conjunto.

figura 3.69 "e" y "f".- en estas dos figuras se constata fácilmente como el conocimiento de alto nivel afecta profundamente a la percepción. Está claro que ante montajes o diseños ambiguos (que falta algún dato definitivo) el cerebro puede encontrar por otras vías alguna interpretación que cumpla los enunciados iconográficos que muestra el diseño. Esa interpretación de alto nivel puede hacer que las sensaciones se conecten a las vías estereoscópicas o no (con lo que tendremos o no tendremos dicha sensación, como es lógico).

Según nuestro punto de vista, no hay ni la mas ligera duda de que las

sensaciones son "construidas". Es también lógico pensar que en estos primeros niveles la voluntad no tenga mucho que hacer, pero hemos visto como en aquellos casos donde falta algún dato, la voluntad puede involucrarse en dicha elaboración, y lanzar una hipótesis.

Para resumir y dejar anotado todo esto, diremos:

NOTA 3.28.- En el caso de que la información que proviene del objeto carezca de algún dato de vital importancia para completar la imagen estética, el cerebro, y en este caso "en estado de conciencia" o de voluntad, puede crear varias hipótesis (o caminos dentro del cortex), haciendo que dicha información conecte con zonas donde poder acceder a sensaciones que en otro caso no sería posible.

NOTA 3.29.- ha quedado suficientemente argumentado el hecho de que hay informaciones que tienden a agruparse, y el tipo de agrupaciones es siempre dependiente de otras informaciones con las que tienen que corresponderse.

NOTA 3.30.- los valores acromáticos de una escena disponen de un nivel de organización, de un nivel de orden que no posee el color.

Ahora bien, aunque digamos que el color no es entrada para la sensación espacial o estereoscópica, como ha quedado demostrado tanto por lo que se infiere de la neuroanatomia del cortex como por las láminas presentadas, nos estamos olvidando (y todo el mundo parece haberlo hecho) de que el concepto de COLOR no es exclusivamente el de MATIZ. El color es MATIZ + SATURACION + BRILLO aunque las entradas para cada uno de estos valores sean distintos. Si le quitamos alguno de estos atributos no estamos siendo justos ni con la ciencia ni con

la percepción.

El COLOR final que presentan los objetos, si hacemos caso a nuestras percepciones o incluso a la nota 3.24, antes de ser asignado a una superficie en concreto tiene que ser modificado por su localización espacial dentro de la escena (alteración en el brillo o incluso en la saturación). Y si recordamos la teoría retinex, a este valor todavía le queda ser cotejado con otros dos valores que portan información también espacial. El resultado final es el COLOR.

Lo que ocurre es que desde nuestra postura ante el problema no podemos admitir que el color sea algo totalmente independiente del espacio, del movimiento, etc. Es lógico que si estos atributos son analizados concretamente en lugares diferentes, parezca ser que son cosas distintas. Así es, pero no independientes, y esto es a lo que yo voy. Donde se procesa el color no se procesa la información estereoscópica, pero donde yo veo ROJO también veo un ROJO que ocupa un espacio y que éste esta modificado estereoscópicamente con respecto a otro ROJO, que siendo objetivamente el mismo ROJO es otro ROJO menos saturado o menos brillante. Si así no fuese, un balón a veinte metros se asemejaría a una pelota de pimpon a cinco.

De esta manera, no tengo ningún reparo en afirmar que:

NOTA 3.31.- el COLOR es entrada para la información espacial, no en los niveles mas primitivos de la construcción de la imagen, sino en otros superiores.

4. 1.- RESUMEN Y RECOGIDA DE NOTAS Y DEFINICIONES ELABORADAS A LO LARGO DEL TRABAJO

Antes de evaluar las consecuencias del trabajo, pasemos a resumir un poco todo aquello que de una forma u otra nos hemos visto en la obligación de tratar o estudiar. Para ello nada mejor que fijarnos en los esquemas o en las pequeñas anotaciones-recordatorio que plagan todo el texto.

Haciendo memoria, el problema era el siguiente: definir lo que era un SUCESO FISICO, hacer otro tanto con el SUCESO NEURAL, y posteriormente contrastarlo con el intermediario "percibido". Esto nos ofrecería un marco idóneo donde el problema de la constancia cromática sería tratada adecuadamente. Pero este esquema nos imponía dos condiciones: tratar el problema mente-materia donde habría que dar una definición de ésta última acorde con nuestra postura monista (materialismo emergentista), así como no perder de vista los niveles de integración de la imagen del mundo, ver como se suceden, conjeturar como se construyen, etc.

De momento, y haciendo referencia a lo que sería un SUCESO FISICO, así como lo que entendíamos por MATERIA, creamos las siguientes definiciones:

DEFINICION 1-1 = Llamaré suceso físico visualmente implicado (SFVI), a todas y cada una de las secuencias de sucesos ocurridas por la interacción de la energía electromagnética con la materia o consigo misma, siempre en presencia de un ente receptor sensible a ellas. (pag. 24)

DEFINICION 1-2 = Se entiende por MATERIA al sistema último de referencia, o sea, al conjunto total de los sistemas conocidos ante los cuales podemos prever la existencia de una composición, un medio y una estructura. (pag. 49)

Y dado que hablamos de composición, medio y estructura, ahora teníamos que dar contenido a estos términos, describiendo un poco lo que sería la evolución dentro de los dos marcos mas importantes: la evolución fisicoquímica (atómica + química) y la evolución biológica, siendo uno subconjunto del otro. De toda esta generalidad resultó lo siguiente: (ver pag. 80)

Si definimos a F como el conjunto de todo lo que es, y a P como el conjunto de las posibilidades de F, tenemos que: F y P son sistemas interdependientes, tal que:

1) todos los elementos de F han sido alguna vez de P

2) ciertos elementos de F no son de P (o sea, dadas en F unas condiciones tal que P haga ocurrir un suceso "a" en F en un tiempo t, hay certeza en afirmar que algunos sucesos hacen imposible que se repita dicho suceso "a" en t'. Por contra, dicho suceso "a" puede mantener su existencia como objeto físico por tiempo indefinido, aún habiendo desaparecido la posibilidad de que dicho suceso ocurra (la vida sigue, aún que no exista en P la probabilidad de que se repita el suceso: aparición de la vida).

3) ciertos elementos de F son también de P (o sea, sucesos físicos que se repiten evidencian la coincidencia entre lo que sucede y la probabilidad que tiene de suceder).

Esto nos dio pie para enunciar (o dar nombre) a ciertas peculiaridades, tal como las "emergencias":

DEFINICION 1.3.-Dado un estado de sucesos en $\mathbb{F}$*, llamaremos EMERGENCIA al paso de* $\mathbb{P}$ *a* $\mathbb{F}$ *de cualquier tipo de suceso cualitativamente distinto de dicho estado de* $\mathbb{F}$*.* (pag. 81)

A lo que complementamos:(pag. 83)

Vista la dependencia que tiene $\mathbb{B}$ *con respecto a* $\mathbb{F}$*, diremos:*

1) Sea $\mathbb{B}$ *el conjunto de todos los sucesos dados en* $\mathbb{F}$ *cuyas características generales son:*

-que existe un $(B_{0,1}; B_{0,2}; \ldots B_{0,n})$, $(B_{1,1}; B_{1,2}; \ldots B_{1,n})$; $\ldots(B_{n,1}; B_{n,2}; \ldots B_{n,n})$ *para unos tiempos* $t_1,t_2,t_3,\ldots t_n$, *al que denominaremos <u>historia</u> y <u>evolución</u> de* $\mathbb{B}$*.*

-Si b_{n-1} *antecede a* b_n, *se sigue que* b_n *procede de* b_{n-1} *por simple <u>replicación</u> (tal y como vimos en 1.2.3.). Con lo cual es característica general de los elementos de* $\mathbb{B}$ *su desigualdad, cosa que no ocurre con los atómicos ni químicos, donde dos electrones o dos moléculas de una misma sustancia, son siempre idénticas.*

-Si las relaciones son de semejanza, no de identidad, podemos decir que es una propiedad de $\mathbb{B}$ *la innovación, al presentar cada elemento variaciones con respecto a los demás (regresiones, micro y macro emergencias, etc) constatadas en su micro y macro evolución .*

2) Es propiedad general de $\mathbb{B}$ *su contextura con otros elementos de* $\mathbb{F}$*, evidenciados por los siguientes puntos:*

-la estructura biológica de un elemento b no reduce a un solo contexto todas las propiedades de sus partes, o sea, a $\mathbb{B}$*, como bien pudiera serlo un ente ideal autosuficiente, sino que extiende sus relaciones mas allá de sus límites y entran a formar parte de complejos ciclos, cadenas, que nada tienen que ver con b.*

-son casos típicos:

a) los ciclos del carbono, oxigeno, amoníaco, nitrógeno, etc.
b) las cadenas tróficas, los hábitat, los entornos ecológicos.
c) los entornos etológicos, los productos de la interacción etológica, etc.

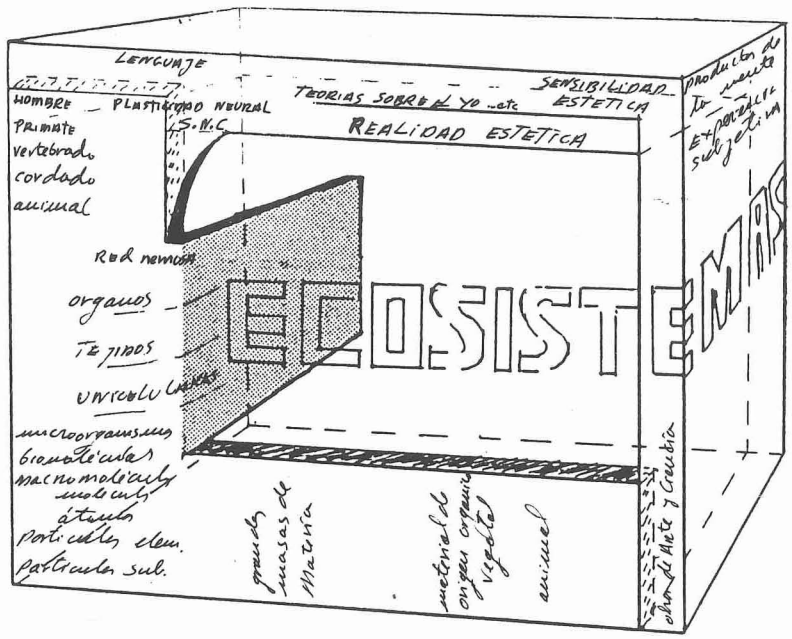


figura 1.15

De esta manera dimos cuenta de los contenidos del concepto de materia, tal y como se desarrolla a lo largo del tiempo (evolución) o explicitando la característica "replicativa" de lo biológico. Pero esquematizando estas ideas en la figura 1.15, nos sugirieron las siguientes cuestiones:(pag. 88)

-¿que lugar ocuparía el problema de la percepción en este esquema?

- si al hablar de la contextura de lo biológico, lo hicimos en el nombre de ciclos del carbono, entorno ecológico, etología, etc y en el del esquema, en niveles de integración, ... la percepción, si tiene que estar involucrada en la capacidad de discriminación o reconocimiento de la realidad, tendrá que estar, así mismo, involucrada en dichos niveles (ya que es la realidad). ¿En cuales?

-¿Porqué esta mas involucrada en unos que en otros?.

Vimos que para poder responder a éstas cuestiones tendríamos precisamente que dejar claro "a través de qué" se hace accesible lo físico, lo real, etc (o "lo qué" nos es accesible) lo cual nos ha llevado a estudiar el tipo de interrelación electromagnética que sucede ante tales efectos. Mas o menos de una forma ordenada fueron surgiendo anotaciones como las siguientes:

NOTA 1.1.- El "medio" implicado en los sucesos físicos de tipo visual es el electromagnético. Estamos, por lo tanto, utilizando un medio relacionado directamente con las estructuras primeras de la materia, mas específicamente, con los "mediadores". (pag. 94)

NOTA 1.2.- El producto de la interacción electromagnética con los átomos, tiene relación directa con su estructura atómica.(pag.103)

NOTA 1.3.- En interacciones con átomos aislados, la energía resultante que entra dentro de los S.F.V.I. está relacionada con los electrones de valencia, o lo que es lo mismo, con los electrones implicados en los enlaces químicos.(pag.103)

NOTA 1.4.- A la materia en estado molecular, si se le somete a altas presiones o acaecen rotaciones de su estructura, en presencia de energía electromagnética pueden absorber parte de ésta, en un margen de energías de ondas largas.

- *Cualquier que sea su estructura, siempre presenta un estado bibracional donde absorbe energías muy bajas, corrientemente fuera del S.F.V.I.. (pag.107)*

NOTA 1.5.- No-metales y metales semiconductores cuando forman masas compactas, crean una configuración electrónica en la cual los electrones son móviles a lo largo de toda la dimensión de la masa. Su interacción con la energía electromagnética siempre entra dentro del S.F.V.I..

- *entre los semiconductores no hay lugar para frecuencias altas (verdes y azules).(pag.112)*

NOTA 1.6.- Siempre dentro de estructuras cristalinas, los elementos de transición pueden quedar atrapados, pudiendo, por esta circunstancia, modificar sus orbitales y absorber energía electromagnética dentro del S.F.V.I.. Se le conoce como "impurezas". (pag.117)

NOTA 1.7.- Siempre dentro de estructuras cristalinas, la ausencia de un ión que conforma dicho cristal, puede ser ocupado por un electrón, el cual puede acceder a orbitales creados por la propia estructura. La interacción con la energía electromagnética generalmente se realiza dentro del S.F.V.I.
(pag.120)

NOTA 1.8.- Siempre dentro de estructuras cristalinas, se puede dar una transferencia de carga entre dos elementos ("impurezas") absorbiendo energía electromagnética dentro del S.F.V.I..(pag.121)

NOTA 1.9.-La interacción de la energía electromagnética con estructuras moleculares complejas se realiza generalmente fuera del S.F.V.I..(pag.125)

NOTA 1.10.- Dentro de las estructuras moleculares complejas existe un tipo de enlace denominado "enlace conjugado", que deja libre a los electrones por toda la molécula. En estas circunstancias y siempre en presencia de radicales cromóforos (C=C; C=S; N=N, etc) y Auxocromos (C-Br; C-OH; C-NH2; etc), se dan la mayor parte de los S.F.V.I. que suceden dentro del mundo biológico (clorofila, hemoglobina, pigmentos biológicos, colorantes, etc).(pag.126)

NOTA 1.11.-en el mundo biológico, pierde sentido hablar de sim-

ples interacciones electromagnéticas ya que los procesos y sucesos que se desencadenan a su paso, no son consecuencia directa de su interacción, sino de una disposición altamente estructurada y preparada para recibirle.

- Que no se puede hacer un prototipo de interacciónes con estructuras biofuncionales ya que difieren unas de otras y no están regidas por ninguna ley (solo las apuntadas en el punto 1.2.3. sobre las innovaciones biológicas), o sea, no hay nada que impida que un fotón interaccione con la sustancia "a" y ocurra el suceso "x", si bien, desde el mundo físico podemos pensar que es imposible. Hay las que hay.

- Lo único constatable es lo que apuntábamos al principio: dada una disposición biofuncional altamente estructurada, hay un máximo de probabilidad, dada su interacción con la energía electromagnética, de que se den sucesos (cadenas de sucesos, síntesis de sustancias, acumulaciones de iones, etc) que por contra, su probabilidad de existencia, desde un estado físico-químico, por simple azar u organización espontánea, sería igual a 0.(pag.147)

NOTA 1.12 .- A niveles de masas o superficies macroscópicas, las interacciones electromagnéticas comienzan a ser significativas las variables de proporción y las variables espaciales de sus constitutivos. Así como la dirección de las radiaciones (incidentes y emitidas) y la relación electromagnética de las emisiones de unos constitutivos con otros.(pag.154)

NOTA 1.13.- Por intervención exclusivamente biológica se explicitan tres características ópticas: las interferencias, la difracción y la dispersión.(pag.158)

DEFINICION 1.4.- <u>ambiente</u> <u>electromagnético</u>: entiendo por ambiente electromagnético al conjunto-matriz de los estados posibles de la energía electromagnética, cuyos elementos vienen dados por la componente espectral existente en un espacio y tiempo dados , producto de la actuación conjunta de las variables que intervienen en toda interacción. (pag.159)

NOTA 1.14.- Dado un tipo de energía electromagnética (p.ej. la solar) y un entorno material suficientemente extenso y complejo (entornos naturales o habituales) la energía electromagnética que pasa por un punto cualquiera en un tiempo dado está sujeta a la actuación de las variables siguientes:(Ψ cantidad) ♦ (Ψ cualidad) ♦ (t) ♦ (s) ♦ TIPO ♦ C (x,y,z) ♦ (ΨF) (pag.169)

DEFINICION 1.5.-<u>Paisaje</u> <u>atómico</u>= Entiendo por paisaje atómico a

DEFINICION 1.5.-Paisaje atómico= Entiendo por paisaje atómico a una familia de estados determinados del "ambiente electromagnético", causado por la constancia, repetición, restricción, etc en una cualquiera de las variables que intervienen en toda interacción. (pag.169)

NOTA 1.15.- En presencia de un ente receptor que porte estructuras biofuncionales complejas podemos decir: dado un haz de luz radiante y una superficie suficientemente grande, existe un máximo de probabilidad de encontrar, por unidad de superficie, proporciones espectrales totalmente diferentes. Y sus variables vendrían dadas por :(Ψ CANTIDAD) ♦ (Ψ CUALIDAD) ♦ (t) ♦ (s) ♦ TIPO ♦ C (x,y,z) ♦ (ΨF) ♦ DISTRIBUCION "S" ♦ PROPORCION ♦ (interf. y/o disp. y/o difr.) ♦ GEOMETRIA MACRO.(pag.173)

De esta manera cerramos el apartado de los sucesos físicos. Es evidente que si bien nuestro cometido ha sido cumplido (enumerar las variables o los parámetros que intervienen en todo interacción electromagnética) el tema no se agota y sólo hemos presentado una faceta muy específica, aquella que tiene relación directa con nuestras percepciones.

Pero llegados a este punto, el paso siguiente sería ver como estas variables eran utilizadas por las biofunciones para acceder a otros niveles superiores (emergentes) tal como lo constituyen los SUCESOS NEURALES. Su definición de partida fue:

DEFINICION 2.1= Llamaré suceso neural visualmente implicado a todas y cada una de las secuencias de sucesos producidas por una activación neural (espontánea, por azar, voluntaria, por fotorrecepción, etc) en algún lugar del Sistema Nervioso Central, que pueda, en algún momento, sumarse a otra cadena de sucesos cuyo final produzca "sensaciones conscientes sobre la realidad estética". (pag.188)

... y las variables que hemos podido aislar son las siguientes:

NOTA 2.1.- Las variables que pueden modificar la información de entrada, de momento son: NQ DE NEURONAS; NQ CONEXIONES EFERENTES; NQ DENDRITAS; TIPO DE SINAPSIS; PREFERENCIA SINÁPTICA; NEUROTRANSMISORES; NEUROPÉPTIDOS y FRECUENCIA DE IMPULSOS. (pag.207)

NOTA 2.2.- A un nivel muy general, las modificaciones que van a sufrir las informaciones que provienen del exterior son del tipo siguiente: CONTACTO FISICO DIRECTO; ENCAUZAMIENTO; TRANSDUCCION; ELABORACION (en el propio órgano receptor, dentro del nivel 1; elaboración precortical o dentro del nivel 2; y elaboración cortical o nivel 3).(pag.215)

NOTA 2.3.- A las variables neurales anteriormente definidas hay que añadir otros dos: su UBICACION y la PLASTICIDAD, o sea, (X, Y, Z) x (t).(pag.229)

NOTA 2.4.- Hay que recordar que la ecuación de variables solo nos puede responder si lo neural es capaz de proporcionar un espacio de estados comparable a la variabilidad del mundo físico; si puede modificarse según cambie lo físico; o si es capaz de almacenar parte de dichas modificaciones.(pag.229)

Ahora quedaba definir lo que sería un "campo receptor". Para ello fuimos estudiando los diferentes niveles en los que se dan y constatan la existencia de zonas que procesan información específica. Ello nos llevará a aceptar la existencia de múltiples campos receptores, no la de único campo receptor.

NOTA 2.5.- La estructura retiniana denota el haber evolucionado para captar información cuyo referente material es inespecífico. Así mismo, se puede conjeturar cierta capacidad de aprendizaje de la retina.(pag.243)

NOTA 2.6.- Dentro de las innumerables funciones de la retina, se ha podido constatar: (pag.250)

- la existencia de selección de radiaciones (bastones y conos)
- la existencia de campos ON
- la existencia de campos OFF
- la existencia de campos ON-OFF
- la existencia de detectores de bordes
- la existencia de detectores de líneas
- la existencia de detectores de color
- la existencia de detectores de uniformidad
- la existencia de detectores de velocidad
- la existencia de detectores de dirección

NOTA 2.7.- La retina codifica las interacciones electromagnéticas en unidades, grupos o familias de impulsos de una manera "normalizada" con un carácter netamente temporal. Por contra, lo que se denomina "instantánea estética" no parece residir a este nivel.(pag.251)

NOTA 2.8.- Es necesario que las normalizaciones de la codificación retiniana tenga características invariables con relación a la estructura neural. O sea, que puedan ser "reconocidas" a niveles superiores.(pag.251)

NOTA 2.9.- Una de las funciones del geniculado parecen tener relación con la COMPARACION de niveles de luz de zonas pequeñas del referente material.(pag.259)

NOTA 2.10.- En el cortex de proyección, podemos encontrar un mapa ordenado según una disposición retinocéntrica y con la deformación funcional de mayor discriminación en zonas centrales, como cabría de esperar.(pag.259)

NOTA 2.11.- Ha quedado claro que en las proyecciones primarias se analiza localmente el mundo sensorial, así como se ha constatado la existencia de la selección direccional en dichos análisis. (pag.259)

NOTA 2.12.- En las áreas de proyección primaria las lesiones afectan a PARTES de la imagen perceptiva.(pag.269)

NOTA 2.13.- En las áreas de proyección primaria se procesa información de las PARTES de la imagen perceptiva.(pag.270)

NOTA 2.14.- en las áreas de proyección primaria, y probablemente en todo el cerebro, existe la capacidad de crear un tipo de imagen (a base del promedio de la información existente en zonas que le rodean) que puede suplir, en su momento, la carencia de información de una zona en concreto.(pag.270)

NOTA 2.15.- El cortex no pierde su capacidad analítica aún en el caso de haber perdido el de la "conciencia" de dicho suceso perceptivo. (pag.283)

NOTA 2.16.- Se ha constatado la capacidad neural de crear sucesos "estratégicos" capaces de suplir deficiencias o disfunciones. (pag.283)

NOTA 2.17.- Se ha constatado la existencia de "síntesis" de las PARTES de la imagen estética, dándose a distintos niveles (la síntesis de lo que compone la parte, por ejemplo). (pag.283)

NOTA 2.18.- Se ha evidenciado, de lo cual no podemos olvidarnos, el carácter entitativo de los componentes de las partes, de las partes en sí, y del TODO sintético. No nos cabe ni la menor duda de que uno de los pilares de la imagen estética es la neuro-creación de ENTIDADES, siempre que se den ciertas circunstancias en el referente material. (pag.283)

La cuestión sobre los límites del campo receptor todavía no había sido coontestada, para lo cual, y como consecuencia lógica de todas las notas anteriores nos preguntámos:(pag.294)

¿es un campo receptor:

1- un solo fotorreceptor?
2- un grupo de fotorreceptores interconectados por células paralelas?
3- cada una de las variables combinadas que recurren en una célula ganglionar?
4- cada una de las células ganglionares?
5- cada una de las células simples del cortex?
6- cada una de las células complejas del cortex?
7- cada una de las células hipercomplejas del cortex?
8- cada zona especializada en descubrir "entidades" o bordes?
9- cada zona especializada en el análisis del movimiento?
10- cada zona especializada en el análisis del color?
11- cada zona especializada en asignar el color a los resultados de 8?
12- cada zona especializada en asignar el movimiento a los resultados de 8?
13- aquellas zonas donde se sintetiza la imagen en un todo?.
14- aquellas zonas donde se relaciona, de modo mas evidente, la imagen con otros atributos creados por otros sentidos (orientación, contenido semántico, ritmo, etc)?.
14- etc, etc.

Y como he dicho anteriormente, al final tenemos que aceptar que un campo receptor único no existe. La respuesta a las cuestiones anteriores es que "SI", dada la forma tan peculiar del funcionamiento neural humano. Por contra, la consciencia sería el LUGAR de recurrencia último, donde se daría esa fulguración que caracteriza y diferencia a las sensaciones o percepciones, tal y como se extrae de la siguiente nota:

NOTA 2.19.-la consciencia es lo que marca el umbral entre lo que es mero cómputo y aquello que emerge de su seno, el percepto. (pag.297)

Y como conclusión a este apartado, valga la figura nº 2. 36, que resume iconográficamente el espíritu de lo dicho.

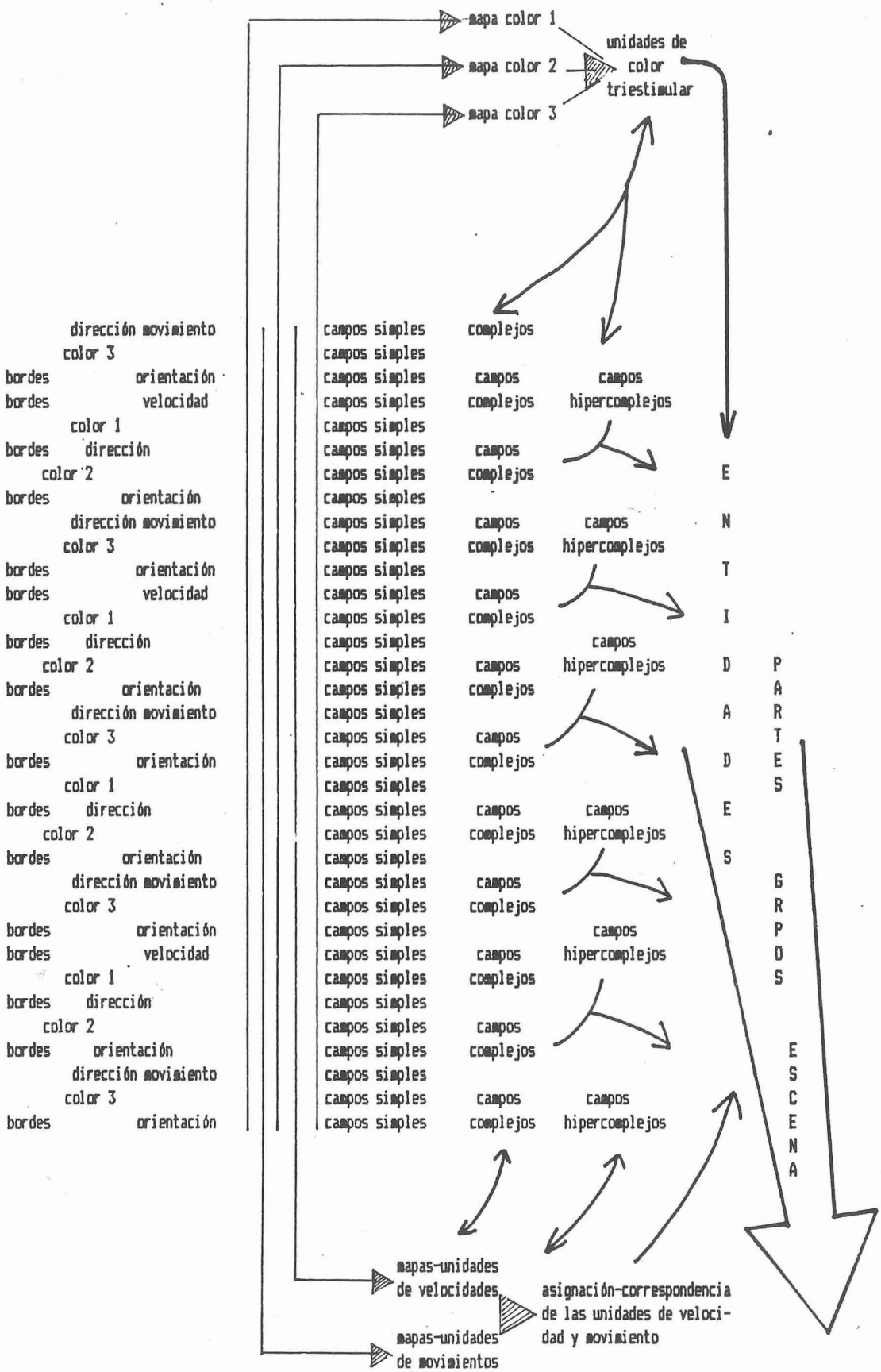


figura nº 2.36.- Esquema de construcción propia

Ahora bien, definidas las características de lo NEURAL y enunciadas sus variables, ahora era el momento de hablar sobre la coherencia y la constancia de la imagen estética. Para lo cual fuimos buscando la manera en que podía hacerlo.

NOTA 3.1.- La obtención de información sobre el sistema de relaciones espaciales (realidad táctil) viene dada por:

-sentido tensión de la piel
-sensores de posición
-sensación localizadora del tacto
-sensibilidad distintiva
-sentido de la forma (sentido de Foerster)
-posición espacial con respecto al entorno (pag.335)

NOTA 3.2.- La obtención de información sobre el espacio (eje coordenado de referencia) que se lleva a cabo a través del movimiento viene dada por: (pag.335)

-receptor aceleraciones lineales
-receptor aceleraciones angulares

constatado por los siguientes puntos:

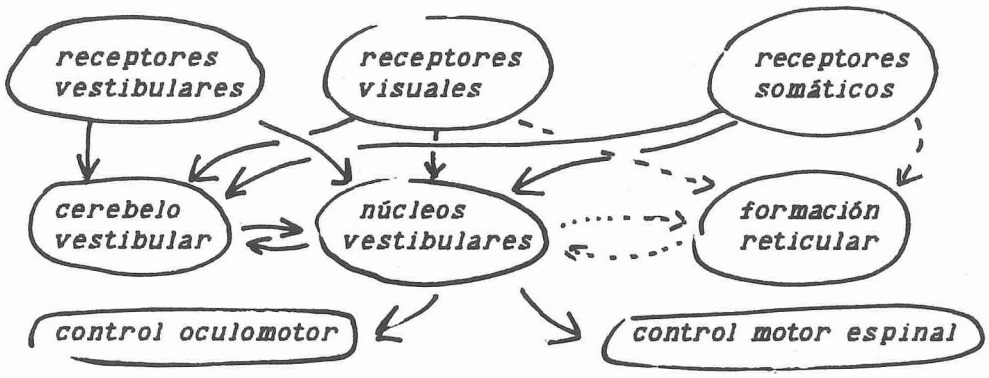
-el utrículo está orientado horizontalmente
-el sáculo está orientado verticalmente
-los canales semicirculares se encuentran situados en tres planos tal y como el x,y,z, de los ejes convencionales.

NOTA 3.3.- Los datos obtenidos a través de estos sistemas tienen carácter netamente multimodal donde están implicados los siguientes sistemas perceptivos: vestibular, somático y visual.(pag.335)

NOTA 3.4.- El control de los movimientos de los ojos es mejor cuanto mayor sea la información vestibular.(pag.335)

NOTA 3.5.- La adaptación hace presencia cuando hay disparidad sensorial, nunca en caso contrario. Cuanto mas compleja sea la manifestación de dicha disparidad, mas necesaria se hace la presencia de la capacidad "plástica" de los sistemas neurales.(pag.335)

A lo habría que añadir la interrelación entre los distintos sistemas, tal como lo expresa el siguiente esquema:(pag.336)

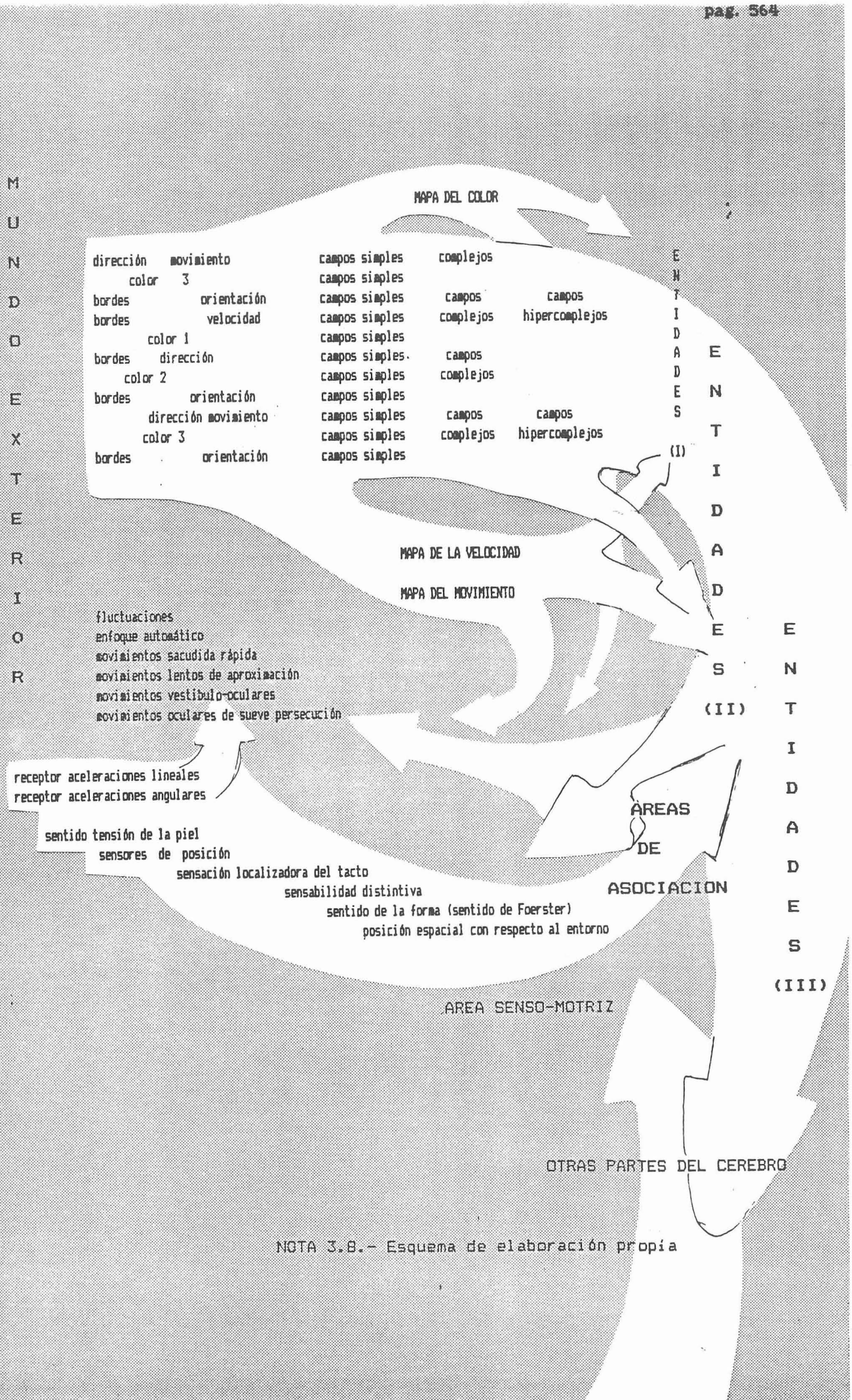


NOTA 3.6.- Los tipos de movimientos en los que se ve implicado el aparato ocular son los siguientes:(pag.343)

1-fluctuaciones
2-enfoque automático y acomodación a la luz
3-movimientos de sacudida rápida
4-movimientos lentos de aproximación
5-movimientos vestibulo-oculares, mov. convergencia (punto 2)
6-movimientos oculares de suave persecución.

NOTA 3.7. - Se puede conjeturar que en cada movimiento rápido del globo ocular, el cerebro desconecta de alguna manera las entradas de información, estimando el cambio que puede suceder conforme a la imagen retiniana de antes y después de la sacudida.(pag.344)

Así pues la nota 3.8 resume magnificamente el apoyo y la entrada de datos de referencias espaciales (del entorno y del propio cuerpo) con dirección a las áreas visuales. A este sistema paravisual se le ha tomado siempre un poco en desconsideración. Yo opino, y se verá mas adelante, que parte de estos datos estarán incluidos en la propia percepción estética.



NOTA 3.8.- Esquema de elaboración propia

Ahora bien, ya es el momento de hablar sobre la constancia del color. Hemos visto que ésta esta compuesta de la constancia de blancura y de la constancia del matiz. De un recorrido por diversos experimentos clásicos resultó lo siguiente:

NOTA 3.9.- la constancia de la brillantez no es explicable por la teoría del contraste.(pag.378)

NOTA 3.10.- Cuando se aumenta o disminuye la intensidad de la luz permanecen constantes las relaciones entre las intensidades.(pag.384)

NOTA 3.11.- Lo mismo que existe constancia se constata una inconstancia de la brillantez.(pag.395)

NOTA 3.12.- El conocimiento previo de las condiciones experimentales no alteran los resultados de los experimentos relacionados con la constancia e inconstancia de la blancura, pero de ello no se infiere que dichos resultados sean innatos (pag.395)

NOTA 3.13.- La constancia de la brillantez o blancura depende de las relaciones o pertenencia con otras partes del campo o del estímulo.(pag.399)

NOTA 3.14.- Es necesario, para que se produzca "constancia" la existencia mínima de dos superficies de diferente albedo" (pag.403)

NOTA 3.15.- Siempre que dos escenas estén iluminadas de forma distinta, la existencia de un marco de referencia común posibilita que se de la constancia de blancura. En su defecto puede haber cierta constancia de brillantez.(pag.406)

NOTA 3.16.- La constancia del matiz esta directamente relacionada con la complementación de los colores.(pag.419)

NOTA 3.17.- La constancia del matiz, que es inseparable de zonas de sombra y luz, si se da en el campo que circunscribe a la sombra no se da en ella, y si la hay en la sombra no la hay en el entorno.(pag.419)

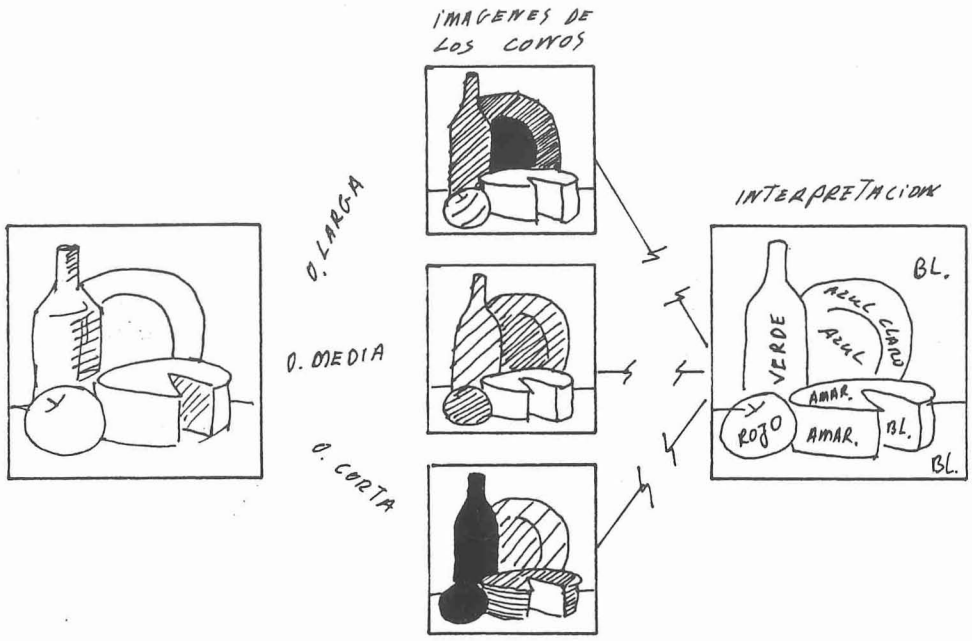
NOTA 3.18.- El término "constancia" no tiene nada que ver con el significado que se le suele atribuir a la invarianza o constancias físicas, sino que pasa por el "como" se percibe, a no ser que lo veamos desde las perspectivas del realismo ingenuo. O sea, que aquello que vemos es lo que percibimos ... de esta manera cualquier tipo de percepción que se mantenga constante dentro de ciertas "variabilidades" del mundo físico, serían "constancias", lo cual es absurdo. (pag.426)

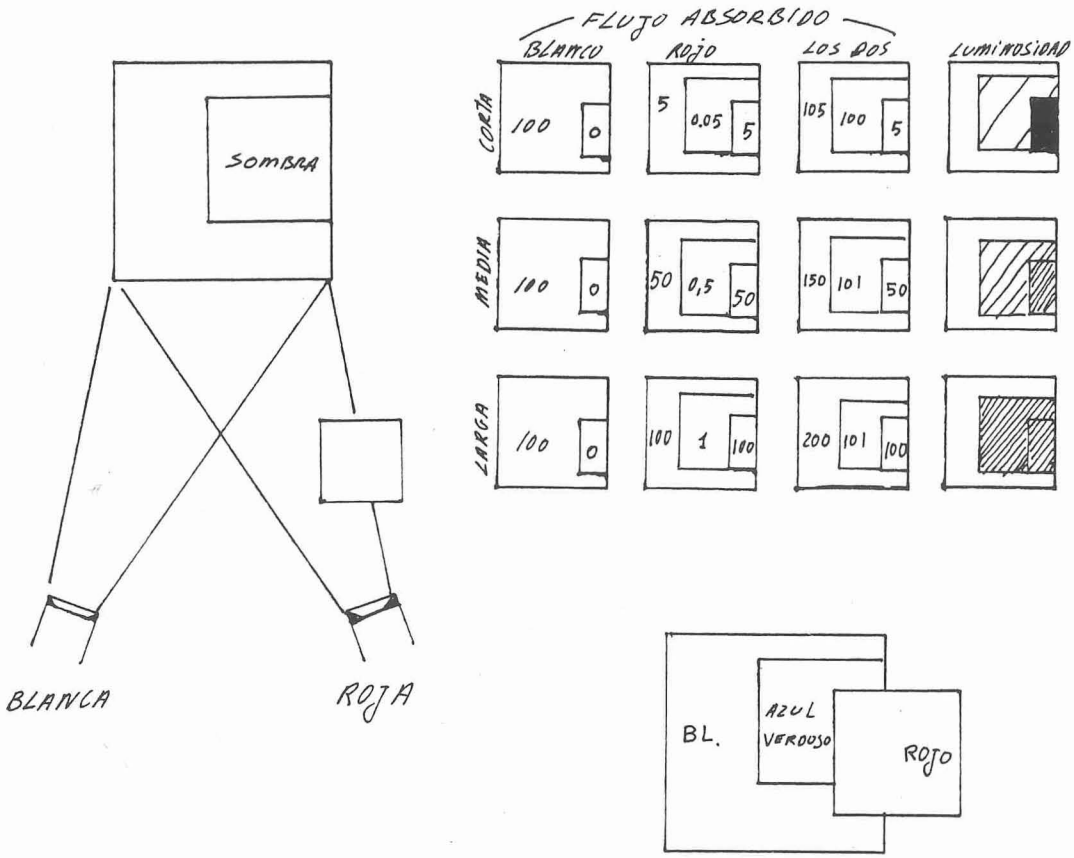
Está claro que llegados a este punto ya hemos concluído con nuestra búsqueda en lo que concierne al problema de las constancias del color. He aquí que al llegar a la conclusión de que dicho problema pasa por el "como" se percibe, ahora tenemos que ver cuales son las teorías mas recientes que puedan solventar este dilema. Este es el caso de la teoría retinex:

NOTA 3.19.- Puede provocarse sensación de color (sino la única) por la interacción de la luminosidad captada por sistemas independientes (conos y bastones o triestímulos independientes de los conos).(pag.450)

NOTA 3.20.- La sensación de color no está relacionada con la energía.(pag.453)

NOTA 3.21.- La sensación de luminosidad (elemento clave para generar la sensación de color) tiene su correlato físico en la reflectancia integrada escalonada.(pag.461)





INTERPRETACION DEL COLOR-SOMBRA SEGUN LA TEORIA RETINEX

(basado según ejemplos de Land,78)

NOTA 3.22.- Podemos resumir la teoría retinex de la siguiente manera:(pag.464-466)

-dado un entorno real, el sistema retiniano compuesto de tres tipos de conos diferentes, va a absorber solapadamente tres cantidades asimismo diferentes de energía electromagnética.

-Estas absorciones constituyen, en cada tipo de conos, por separado, una "imagen" (un mapa) de la realidad que no es igual a las demás imágenes de los otros conos.

-De las diferencias entre los tres estímulos, el sistema visual, coteja dichos valores y crea (se inventa) una sensación, a la que los humanos llamamos color.

-Ya que los triestímulos son independientes del flujo, el color tiene la categoría de "estable" sin mas complicaciones.

O el caso de la teoría computacional de la percepción, resumida en la nota-esquema 3.23.

Para ver que relaciones guarda el color con otro tipo de sensaciones (tales como el espacio o la sensación estereoscópica), o si esto tiene alguna relación con la constancia cromática, es por ello que hice un estudio minucioso de los escasos experimentos que tienen alguna relación con ello. El resultado es el siguiente:

NOTA 3.24.- La luminosidad percibida de un objeto está condicionada por las relaciones de luminancia entre dicho objeto y las regiones vistas como coplanares. Lo que equivale a decir que la luminosidad percibida porta información espacial.(pag.510)

NOTA 3.23.- Podemos esquematizar el pensamiento de Marr de la siguiente forma:

SUPUESTOS FISICOS	organización jerárquica existencia de superficie con función de refectancia similitud continuidad espacial continuidad de discontinuidades continuidad de flujo
VALORES DE INTENSIDAD	geometria reflectancia iluminación punto de observación

---

DETECCION DE CEROS	valores de intensidad de cada punto aplicación de gaussianas aplicación de laplacianas (a distintos tamaños) aplicación de laplacianas a gaussianas coincidencias de ceros en varios filtros independientes mapa de dichas coincidencias (mapa de reflectacias, mapa de iluminación, etc)
ESBOZO PRIMITIVO EN BRUTO	hace explícita información importante acerca de la imagen bidimensional, fundamentalmente sus cambios de intensidad y su distribución y organización geométrica. (ceros, manchas, terminaciones y discontinuidades, segmentos de bordes, líneas virtuales, grupos, organización rectilinea, y límites, haciendo explícitos los valores de orientación, contraste, longitud, anchura y posición).
ESBOZO PRIMARIO COMPLETO	conglomerados, lineas, curvas, manchas, grupos, zonas pequeñas (todo en diferentes escalas)
CAPACIDAD DE LA IMAGEN	inferencia de: -estereoscopía, -selectividad de dirección, -derivación de la estructura a partir del movimiento aparente, -derivación de la profundidad a partir del flujo óptico, -derivación de la orientación de la superficie a partir de los contornos de esta, -derivación de la orientación de la superficie a partir de su textura, -derivación de la forma a partir del sombreado, estereoscopía fotométrica, -la iluminación y el color como una aproximación a la reflectancia.

figura nº 3.46.- (esquema basado en los textos de D. Marr: 1982)

NOTA 3.25.- los bordes llevan información de las causas que lo provocan, con lo cual podemos distinguir la existencia de dos tipos: de reflectancia y de iluminación.(pag.516)

NOTA 3.26.- Los contornos isoluminantes (bordes entre isoluminantes) son invisibles para los sistemas de enfoque. (pag.522)

NOTA 3.27.- La "variabilidad" del mundo, su diversidad, se constituyen en condiciones selectivas de la evolución del sistema visual (neural) dada su importancia en cuanto necesarias para que se de la constancia cromática, o lo que es lo mismo, que se "vea" mas fidedignamente las interrelaciones entre las partes de una escena. (pag.527)

NOTA 3.28.- En el caso de que la información que proviene del objeto carezca de algún dato de vital importancia para completar la imagen estética, el cerebro, y en este caso "en estado de conciencia" o de voluntad, puede crear varias hipótesis (o caminos dentro del cortex), haciendo que dicha información conecte con zonas donde poder acceder a sensaciones que en otro caso no sería posible. (pag.547)

NOTA 3.29.- ha quedado suficientemente argumentado el hecho de que hay informaciones que tienden a agruparse, y el tipo de agrupaciones es siempre dependiente de otras informacionen con las que tienen que corresponderse. (pag.547)

NOTA 3.30.- los valores acromáticos de una escena disponen de un nivel de organización, de un nivel de orden que no posee el color.(pag.547)

NOTA 3.31.- el COLOR es entrada para la información espacial, no en los niveles mas primitivos de la construcción de la imagen, sino en otros superiores.(pag.548)

Con lo que no necesitamos mas datos para hacer una comparación de las variables recogidas durante todo el texto.

4.1.- COMPARACION ENTRE LAS VARIABLES DEL SUCESO FISICO, EL SUCESO NEURAL Y SU CONSTATACION PERCEPTIVA-

Para poder completar este trabajo se hace necesario confeccionar un esquema definitivo que de alguna manera haga explícito lo recogido por las notas anteriores.

Paralelamente, y a modo de apoyo conceptual, podemos ir comentando la manera en que lo vamos construyendo, o lo que implica tal o cual afirmación, dado que la argumentación objetiva de los datos ya a sido hecha a lo largo de la tesis.

Para ello nada mejor que partir del esquema de la nota 3.8 que acabamos de ver. Pero para mejorarlo tenemos que enunciar, en primera instancia, los presupuestos físicos a los cuales nos referíamos en la nota 1.15, para luego desarrollar cada uno en particular:

Habíamos dicho que en presencia de un ente receptor que porte estructuras biofuncionales complejas, si se dan un haz de luz radiante y una superficie suficientemente grande, existe un máximo de probabilidad de encontrar, por unidad de superficie, proporciones espectrales totalmente diferentes (con cierto carácter caótico). Y sus variables vendrían dadas por :

(Ψ CANTIDAD) ♦ (Ψ CUALIDAD) ♦ (t) ♦ (s) ♦ TIPO ♦ C(x,y,z) ♦ (ΨF) ♦ DISTRIBUCION "S" ♦ PROPORCION ♦ (interf. y/o disp. y/o difr.) ♦ GEOMETRIA MACRO.

Para aclararlo, también habíamos dispuesto del esquema siguiente:

(Ψ CANTIDAD)	EL VALOR DEL RAYO INCIDENTE Y/O EMITIDO RELATIVO A UN TIEMPO O ESPACIO DADO	Nº DE FOTONES
(Ψ CUALIDAD) ϕ (T) ϕ (S)		L. DE ONDA
TIPO	ESTRUCTURA ATOMICA, MOLECULAR, BIOFUNCIONAL, ETC	
C (x,y,z)	LUGAR QUE OCUPA CON RESPECTO A OTROS ATOMOS, MOLECULAS, ETC	
(ΨF)	POSIBILIDAD QUE TIENE DE SER O PERTENECER A UNA FRONTERA	
DISTRIBUCION "S"	DEFINIDA UNA FRONTERA POR LA PRESENCIA DE UN RECEPTOR, EL LUGAR QUE OCUPAN LOS ELEMENTOS QUE LA EXPLICITAN	
PROPORCION	CANTIDAD Y RELACION ENTRE LOS ELEMENTOS QUE EXPLICITAN LA FRONTERA	
I. y/o Dis. y/o Dif.	GEOMETRIAS ESPECIALES QUE EXPLICITAN FRONTERAS	

GEOMETRIA MACRO
DISPOSICION ESPACIAL A NIVELES MACROSCOPICOS

Pero antes de estructurar lo que son meras variables, primero tenemos que recordar el tipo de espacio físico al que nos referimos, o el tipo de materia o de realidad a la que accedemos. ¿El universo de los objetos físicos existen en un espacio que no es, a su vez, físico?, tal y como nos lo plantea la concepción del continente, donde el objeto físico se define como poseedor de una localización espacial y de una estructura definida. Por el contrario, ¿es quizás el espacio una sustancia elemental a partir de la cual se constituyen todos los objetos físicos?. De esto hemos hablado largamente.

Nosotros hemos dejado bien claro que no. Nuestra definición de materia o nuestra concepción del mundo o de como suceden los hechos tanto físicos como neurales, no es posible hacerla desde las concepciones del continente ni de la materia prima. El hecho de que el espacio no sea autoexistente, sino que lo hayamos definido como un entramado relacional de cosas o eventos, un sistema al que se le suponen unos <u>elementos</u> (partículas, campos, relaciones u otros sistemas) unas <u>estructuras</u> (conjunto de relaciones entre los elementos o entre los elementos y el medio) y un <u>medio</u> (aquellos elementos que no forman parte de un sistema en específico pero que tiene relaciones con él), viene dado por la aceptación de la mecánica cuántica, por la necesidad de escapar de lo meramente introspectivo cuando se quiere

encontrar algo palpable.

Es importante tener presente nuestra definición ya que esto implica que podemos hacer un "continuo" material (relacional) desde las partículas subatómicas hasta los pensamientos mas subjetivos y particulares de cualquier humano. Este continuo sería impensable dentro de otras concepciones de materia. Así, y siguiendo las directrices que nos marcan las pautas de complejidad podemos ver el ESQUEMA FINAL, como está confeccionado siguiendo los niveles emergentes, la tendencia a lo complejo... o como las variables físicas apuntadas las he organizado en dicha jerarquía e interrelacionado con los tres caminos que nos presentan: 1) los niveles evolutivos, donde lo neural, lo consciente, se consigue a base de ir subiendo en la integración de la imagen estética. 2) Aquel otro camino por el cual es posible construir dicha imagen, así como una tercer vía, 3) por la cual se nos muestra un entorno preferencial al cual los sistemas perceptivos tienen que referirse y reconstruir en lo posible.

Aquí ya tenemos que destacar una evidencia de dicho esquema: una gran parte de nuestro entorno físico es producto de dichas reconstrucciones estéticas. O mas ordenadamente: 1).- a nivel electromagnético, el hecho de que lo biológico ha evolucionado dentro de los límites electromagnéticos en los cuales suele fluctuar la energía solar, no cabe ninguna duda en afirmar de los tipos de interacciones electromagnéticas mas abundantes en nuestro entorno son aquellas a las cuales los aparatos visuales han aprendido a ser sensibles; 2.)- A niveles de ecosistemas o habitat, las diferenciaciones o el nivel distintivo de lo electromagnético esta directamente relacionado (como se ha dicho en la NOTA 1.3.) con los electrones de valencia, o lo que es lo mismo, con todo aquello que tiene una gran probabilidad de cambiar de estado, o sea, que se oxide, se degenere, combine con otros elementos, descomponga, madure, etc.

- A este mismo nivel, y por la causa anunciada, entra en juego como factor de selección, o lo que es lo mismo, la inter-evolución entre distintas especies, reinos o phylums. Dichos resultados selectivos son explicitaciones, objetos materiales mas o menos abundantes que portan características directamente relacionadas con los fenómenos perceptivo-electromagnéticos.

- En entornos culturales y allí donde comienzan a aparecer profusamente objetos artísticos o incluso constructos teóricos, técnicos, etc, se hace mas evidente la profusión de objetos, que en ciertas medidas, tienen características de "efectividad o eficiencia perceptiva". Un libro, una pared, una silla, una calle, una ventana, etc son objetos con estructuras muy definidas (líneas rectas, horizontales, perpendiculares, colores saturados, grandes superficies de color diáfano, etc) que no se encuentran en la naturaleza no-cultural.

Esto, evidentemente, forma parte del entorno al que van dirigidas nuestras percepciones, aquél que es necesario reconstruir. Dicha reconstrucción pasará pues por dos tipos distintos de dirección: aquello que es necesario construir y a través de què se puede hacer. De esta manera, en el ESQUEMA he dejado claro que "el como" se reconstruye tiene unas entradas distintas a lo que luego tiene que hacer referencia lo construido. O mejor dicho, al menos en lo que concierne a los niveles mas bajos y primitivos de la construcción estética, las entradas no tienen casi nada que ver con las intenciones superiores de la imagen estética final. Cabe pues aclarar que lo mas probable es que dependiendo de los niveles de organización que puedan existir en los supuestos físicos presentes, la cadena neural pueda ir reconstruyendo dichas organizaciones. De esta manera, la imagen estética (a secas) solo puede suponer una hipótesis de un tipo "inferior" de organización electromagnética.

Si mas o menos ha quedado claro la justificación de la inclusión de estos factores dentro del "mundo físico", ahora veremos como lo reconstruye.

Así, por parte de las cadenas de transformación de los SUCESOS NEURALES, habíamos apuntado las siguientes variables: número de neuronas + número de conexiones + número de dendritas + tipo de sinápsis + preferencia sináptica + neurotransmisores + neuropéptidos + frecuencia de impulsos + plasticidad + ubicación.

Si nos fijamos bien en la naturaleza de dichos puntos, veremos que podemos agruparlos de la siguiente manera:

	frecuencia de impulsos
capacidad, probabilidad, o nº de espacio de estados de los sucesos neurales	*nº de neuronas* *nº de dendritas* *nº de conexiones*
capacidad de diferenciación de las entradas de información	*tipo de sinapsis* *neuropéptidos* *neurotransmisores*
capacidad de aprendizaje	*preferencia sináptica*
	plasticidad (t)
resultado conjunto y unificado de lo que es innato y de lo que se adquiere a través del aprendizaje	*ubicación (x,y,z)*

y para poder intuir como lo neural es capaz de reconstruir la realidad, vamos a intentar responder a una serie de cuestiones interrelacionadas entre sí:

1.- ¿tiene capacidad lo neural para dar razón, orden , etc a la complejisima variabilidad de lo físico?

En vistas a la canalización de la información expresada en el esquema, solo queda preguntarnos que tipo de capacidad porta lo neural ante la caótica avalancha de sucesos del mundo físico. Es evidente que a este nivel no hay lugar para cuestionarnos sobre los fenómenos perceptivos. Ahora bien, lo primero que sorprende es ver el artilugio del que se vale lo neural para, dentro de una intensidad constante (± 70 milivoltios), logre, gracias a familias de impulsos o frecuencias, acceder a distintos niveles o incluso a zonas específicas del cerebro. En el fondo el secreto esta en ir normalizando, o sea, creando normas o códigos para un posterior reconocimiento en las zonas siguientes, ya preparadas para ello (o ya modificadas para ello). De esta forma, por un principio muy primitivo de economía, lo biológico parte de un espacio de estados (a nivel retinal) cuya capacidad supera o iguala a las distintas disposiciones en las que se puedan encontrar los supuestos físicos que en ese momento se encuentren "en frente" a ellos.

Pero esta capacidad, mas que solucionarnos el problema, sólo nos indica que "en principio" existe genéticamente la capacidad suficiente como para modificarse o "adquirir" un nº de espacios de estados similares a los de la realidad. O sea, nos dice que dado un estado "a" de la realidad, no neural puede adquirir una configuración "b". Pero, claro está, no nos dice nada sobre las relaciones entre "a" y "b".

Así, dado por sentado la existencia de dicha capacidad, cabe afirmar que el sistema neural, gracias a su férreo sistema de normalizaciones tiende a hacer cada vez mas estables y persistentes ciertas disposiciones de la realidad, así como mas efímeras y pasajeras otras. Pero esto último tiene que ser respuesta de la cuestión siguiente:

2.- Dado por sentado que el número de estados de lo neural es suficientemente capaz para acceder a los de lo físico, ¿que tipo de relación existe entre los dos?

Si cada vez que dado el suceso "a" puede ocurrir tanto "b", como "c", como ..."n" (que en muchos seres es lo mas corriente) se sigue que por parte de lo neural ("b", "c", ..."n") no existe ningún tipo de relación con la naturaleza o estructura de "a". Si el porcentaje de sucesos neurales se decanta sobre la repetición en alguno de los sucesos físicos, podemos afirmar la existencia de al menos una relación o correspondencia entre ambos.

Ahora bien, para no caer en el absurdo aclaremos un punto: cualquier tipo de materia en presencia de un haz electromagnético puede interaccionar con el, con lo cual tiene cierta relación o se corresponde de alguna manera con el. Podíamos cuestionarnos si el suceso neural es parecido a este tipo de correspondencia, a lo cual no tenemos ningún escrúpulo en afirmar que básicamente, a este nivel de causación meramente material, es lo mismo.

Pero como muy bien hemos argumentado a lo largo de toda la tesis, lo meramente material no consume los "estados de la materia" sino mas bien es un recurso que no guarda ningúna relación con nuestra idea de materia. Al no referirnos a una MATERIA PRIMA originaria no podemos hacer tabla rasa en ninguno de sus niveles, puesto que no los tiene. De esta manera, cabe afirmar taxativamente que nos referimos a relaciones perceptivas o relaciones cognitivas siempre que antes, o a la vez, se den relaciones o sucesos neurales, ya que los primeros solo son posibles dentro de los segundos.

Como veníamos diciendo, si dado un suceso en el mundo exterior, ocurre un suceso neural cualquiera "al azar", está claro que si este azar no se canaliza y se convierte en un hecho muy probable cada vez que se den unas condiciones parecidas en dicho mundo exterior, las relaciones, inferencias, correspondencias (o los múltiples nombres que existen para denominarlo) cognitivas no son posibles.

Pero como sabemos que nuestro cerebro tiende a dar respuestas iguales (o parecidas) siempre que en el mundo físico se den los mismos fenómenos, tenemos que preguntarnos lo siguiente:

3.- Dado que para que exista alguna relación de tipo cognitivo entre lo físico y lo estrictamente neural, es necesario la existencia de algún tipo de restricción (constricción)... ¿dentro de que límites son posibles los fenómenos que relacionan sucesos físicos con sucesos neurales? ¿Podemos decir porqué?.

Creo que ha quedado bien ejemplarizado con nuestra definición de "paisaje atómico", todo aquello que se identifica como constricción netamente biológica de lo que sería un "ambiente electromagnético". Si esto por si solo ya nos remite al hecho de que existen infinidad de interacciones electromagnéticas a las cuales no podemos acceder y que son tan importantes o mas que las accesibles, también es verdad que existen razones suficientes para afirmar que de ello no devienen consecuencias insalvables. Mas aún, es de pura "necesidad" que así sea, ya que por principios físicos de índole general como bien pudiera ser la de la conservación de la energía, siempre que unos sucesos causen modificaciones en otros, o pasen a formar cadenas de sucesos con ellos, siempre será dentro de unos límites muy definidos (la propia interacción entre ellos restringe o encauza futuras actuaciones), y en el caso de no ser así, la existencia de dichos sucesos siempre marcara una diferencia con el medio donde se realiza, con los propios componentes que lo causen y/o lo compongan.

De esta manera, lo vivo como estructura eminentemente conservativa, marca por este simple hecho unos límites bastante claros de aquello que puede alterar su cadena vital, de aquello con lo que interacciona, y de aquello con lo que no. Al menos en este nivel básico de las estructuras de lo vivo las cosas están muy claras: Las bases proteínicas, lípidas, glúcidas, las cadenas aminoácidas, el agua, etc no pueden bajo ningún concepto interaccionar electromagnéticamente dentro del espectro visible, ya que estarían en constante alteración y transformación estructural, con lo que acarrearía la muerte o simplemente la inexistencia de estructuras estables. Son estructuras moleculares y biomoleculares que pueden hacerlo con los rayos ultravioleta y con otros mas fuertes, y cuyas consecuencias ya conocemos.

Sobrepasado este nivel de pura necesidad, los organismos podrían generar estructuras u órganos con capacidad para captar ondas ultravioletas (que por cierto existen en algunas abejas, plantas, etc), infrarrojas (algunas serpientes, insectos, etc), ondas de radio, neutrinos, etc... pero la capacidad diferenciadora de estas energías es mucho menor que la que se encuentra en el entorno del visible, el ultravioleta y el infrarrojo cercano (casi toda la materia es sensible al infrarrojo lejano y al ultravioleta lejano).

Además, ¿que interés puede tener el captar, por ejemplo neutrinos (a parte de que es imposible), si estos no interaccionan con casi nada (un haz de neutrinos es capaz de atravesar toda la Tierra sin ningún tipo de modificación)?. Sería, claro está, un lujo o artilugio inútil. Por esto hay que pensar que las restricciones, además de respetar ese primer nivel de necesidad básica, tienen que tener una función.

Y como apuntábamos mas atrás, el entorno donde se hace posible la funcionalidad de los fotorreceptores, a parte de tener como intermediario básico a lo electromagnético, son de índole trófica y etológica. Así pues, lo que tenemos que preguntarnos no es sólo por las cadena tróficas o etológicas sino por los fenómenos electromagnéticos que subyacen, si pueden servir como indicios o si constituyen un "paisaje atómico" idóneo donde lo trófico y después lo etológico provocan el mayor número de modificaciones o pautas de diferenciación.

Yo creo que podemos estar contentos por haber encontrado y argumentado, ya al comienzo de este trabajo, que aquello que tiene relación directa con las frecuencias a las que lo vivo, de forma mayoritaria, es sensible a nivel informativo (o incluso alimenticio, recordemos la fotosíntesis), es precisamente a los fenómenos electromagnéticos que tienen que ver con los electrones de valencia, las impurezas y las disposiciones poco estables o altamente especializadas de las biomoléculas. Todo lo que degenera, se altera químicamente, madura, etc provoca fenómenos dentro del visible.

La propia evolución de las especies ha generado una coloración y un énfasis en destacar aspectos donde su resolución mas idónea es dentro de este entorno. Incluso los artilugios enmascaradores, miméticos o contravisuales parten de la aplicación de propiedades del visible.

4.- Definidos estos límites básicos impuestos por la necesidad conservativa de lo vivo ¿podíamos apuntar otras restricciones o pérdidas constatables en la información?.

Dado que la perdida de información es evidente, podemos constatar aún mas. Veremos que este segundo nivel de restricción esta relacionado con los mecanismos de aprehensión de lo real.

Si vemos la figura nº 4.1, queda claro que casi cualquier estado de la materia puede mandar a nuestros ojos el mismo tipo de energía. Si pensamos un poco, esto nos está diciendo que existe una gran pérdida de información al respecto, ya que dadas unas estructuras altamente diferentes del mundo exterior, nuestras percepciones son las mismas, con lo cual podemos decir claramente, que si bien la energía a la que somos sensibles está directamente relacionada con las estructuras atómicas de la materia, ésta nos pasa desapercibida. Simplemente no somos sensibles a ella. ¿que está ocurriendo aquí?. ¿Si no somos capaces de acceder a dichas estructuras, a qué lo somos?.

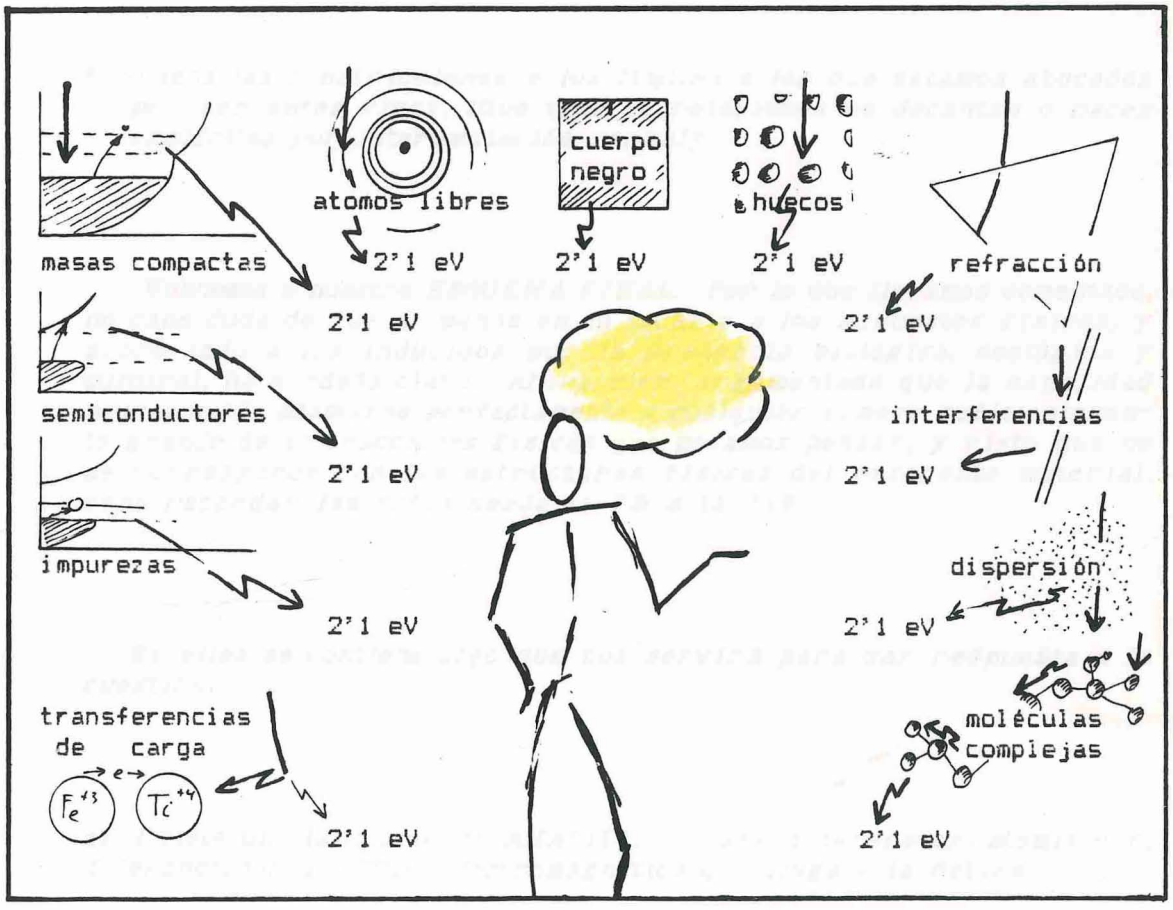


figura 4.1.- Todas estas estructuras físicas pueden, al interaccionar con la energía electromagnética, emitir, por ejemplo= 2'5 electronvóltios, lo cual, llegado a la retina nos pueden provocar la misma sensación de color. Esto, de todas formas, no es del todo exacto ya que por sí solos ninguna de estas estructuras son capaces de causar percepciones de color. Necesitan, tal y como se verá mas adelante (o como se ha visto en el trabajo), de otros fotones llegados del mismo lugar o de otros lugares para poder relacionarse con ellos y crear dicha sensación.

Al hacernos estas cuestiones seguimos pensando o comportándonos como si la materia fuese una materia prima. La materia de tipo "relacional" no se agota en un tipo de estructura. La explicación última la tiene la función, y la función no es mas que "otro tipo" de relacionar las cosas, de acceder a "otro tipo o clase" de estructuras del mundo real.

Está claro que sin una explicación neurobiológica no podemos saber de que tipos o clases de relaciones estamos hablando.

5.- Dadas las constricciones y los límites a los que estamos abocados por ser entes vivos, ¿Que tipo de relaciones se decantan o hacen explícitos por intermediación neural?.

Volvamos a nuestro ESQUEMA FINAL. Por lo que llevamos comentado, no cabe duda de que al menos en lo tocante a los supuestos físicos, y sobre todo a los inducidos por la presencia biológica, ecológica y cultural, ha quedado claro. Ahora bien, argumentado que la capacidad neural puede adaptarse perfectamente a cualquier número suficientemente grande de interacciones físicas que podamos pensar, y visto que no se corresponde con las estructuras físicas del referente material, cabe recordar las notas desde la 2.5 a la 2.19.

En ellas se contiene algo que nos servirá para dar respuesta a la cuestión:

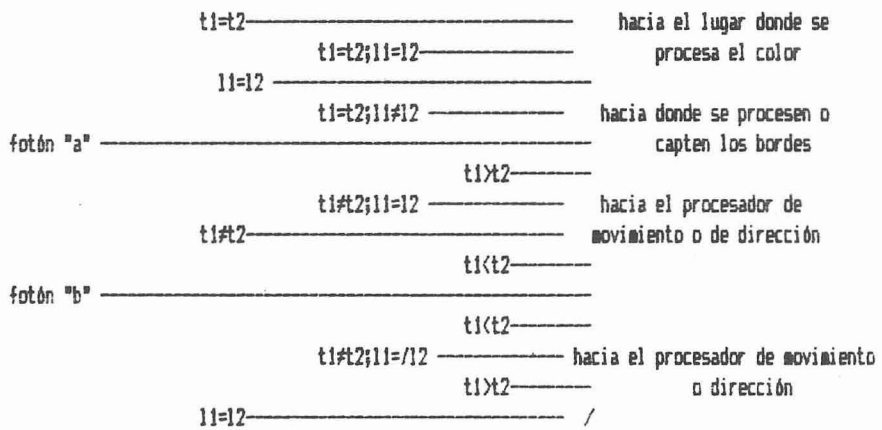
a)- Existe un claro proceso ANALITICO, o sea, disgregador, atomizador, diferenciador del TODO electromagnético que llega a la retina.

b)- Existe, por contra, un claro proceso SINTETICO, o sea, agrupador, integrativo en entes, partes de la escena o entidades aislables perceptivamente.

En el primer proceso, el <u>analítico</u>, la "ola" electromagnética que "rompe" en la retina, (ya filtrada convenientemente por lo apuntado mas arriba), va a ser objeto de una cadena de nuevos filtrajes, así como de un sinfín de transformaciones que ya nada tienen que ver con dicho evento.

El nuevo filtro, mas que de una naturaleza cuantitativa o cualitativa (el número y la frecuencia) de un determinado haz de energía, se refiere a otro tipo de cualidad "relacional" entre cantidades y frecuencias de rayos afines, fronterizos o consecutivos por unidad de tiempo y espacio. De esta manera, comparando las energías que llegan a un determinado lugar de la retina se pueden extraer de ellas multitud de relaciones, tales como las apuntadas en la nota 2.6, o sea, relaciones de dirección, velocidad, uniformidad, color, líneas, bordes, etc etc. Con esto se sientan las bases del proceso perceptivo, el cual denota las características siguientes: a) no tiene importancia el lugar de donde proceda el fotón que incide sobre un fotorreceptor. b) Es necesario que dicho fotón guarde algún tipo de relación con otros fotones que en el mismo instante o consecutivamente a él también choquen con la retina.

Valga el esquema siguiente como ejemplo:



Ahora bien, está claro que la retina no funciona con este esquema (es infinitamente mas complejo), si bien resume el tipo de estructura que subyace a su funcionamiento real. El camino que seguirá la cadena de sucesos iniciada por un fotón estará dirigido mas por la relación con otros fotones que por las características que porte el mismo.

Filtraje pues, al hacer ya en la entrada que una gran cantidad de fotones que no consigan (o no tengan capacidad) para excitar tal o cual vía, se pierdan por el camino.

Otro filtraje se produce por el hecho de que un fotón puede muy bien llevar múltiples tipos de información relacional, pero se verá

condicionado a ser causa de una sola cadena de sucesos. Pero en el fondo estos tipos de filtraje no son mas que "pequeñas cosas": son solo indicadores de un método mucho mas selectivo: digamos que evidencian un método de selección de fotónes que en un tiempo y un espacio dados reúnan las mejores condiciones para poder acceder a los lugares de procesamiento.

¿Qué estamos diciendo realmente con esta afirmación?. Estamos desvelando el carácter acomodativo del sistema visual, del haber evolucionado a un tipo de realidad tremendamente cambiante, y el de haber adquirido un método implacable en el cual no es necesario tener unas condiciones extremadamente favorables para poder acceder a ese mundo exterior. Nos da lo mismo que tal o cual subsistema neural, que tal o cual material absorba mas o menos energía o nos la filtre ... a) mientras las relaciones entre las cosas puedan mantenerse constantes (y dicho sea de paso,las menos cambiantes) y b) dichas relaciones tengan una respuesta concreta a nivel neural. Cualquier otro tipo de relación que porte será efímero. Ahora bien, aunque lo hemos repetido bastantes veces, cabe aclarar que esto sólo es posible después de la FORMACION de las áreas donde se procesan dichas relaciones. Aquí entran en juego la PLASTICIDAD y como no, el APRENDIZAJE, o lo que es lo mismo: que no es innata la existencia de dichas zonas, si bien las capacidades de plasticidad y aprendizaje, sí.

El segundo tipo de proceso, o sea, el sintético, está avalado por toda una suerte de afecciones cerebrales con las cuales podemos seguir un poco la marcha o los niveles que se van completando (evidenciando). De esta manera hemos podido sonsacar la existencia de zonas (distintas a aquellas que se dedican a analizar) en las cuales se precipitaba o se hacía explícito lo que se constituye en las partes de las cosas (bordes, manchas, etc) así como, en otro lugar, la PARTE en sí (un teléfono, un árbol, un lápiz, etc). Por último había casos en los cuales el sujeto era incapaz (percibiendo todos los objetos de la escena) el de configurarlos en un TODO.

O mas cotidianamente: cuando hablábamos de los escotomas, nunca se percibe una zona "sin nada" ya que este "nada", si lo pensamos bien, ¿de que color o forma se nos mostraría... blanco, negro, redondo?. Está claro que de cualquiera de estas maneras, sería siempre en sustitución de un objeto real. Un agujero negro, es el percepto de un agujero negro, no de la ausencia de función en esa zona del campo visual. Es el caso de la absoluta imposibilidad de encontrar, sentir o percibir una imagen sin que exista, por ejemplo, unos bordes que la conformen, una superficie llena de "algo" como brillo, color, luminosidad, o al menos algún tipo de contraste entre unas zonas y otras de la escena, etc, si bien existen imágenes complejas en las cuales puede desaparecer una parte (la mitad, por ejemplo) o toda ella a excepción

de un solo objeto (caso de las afecciones cerebrales).

Esto nos llevo a afirmar que el sistema visual sintetiza las partes de la escena para luego sintetizar los objetos propiamente dichos, y al final, toda la escena articulada. Cualquier zona del campo tiene, en algún sentido, información sobre el resto.

Este método jerárquico de síntesis es muy posible que lleve implícito, no solo en sus pasos precedentes (que en esto estamos seguros), sino en la misma zona donde se producen dichos sucesos, el mismo tipo de análisis (comparación, correspondencia, afinidad, etc), para que estos productos puedan acceder otros niveles superiores. Esto que estamos comentando se correspondería con los sucesos descritos en el nivel nº 3 del esquema final.

6.- *¿Podemos precisar o delimitar los niveles de la construcción estética?*

De nuestras investigaciones hemos podido destacar dos tipos distintos de proceder a delimitar los procesos neurales. Uno de ellos estaría constituido por la supuesta "computacionalidad" de la información que destacaría su diferencia con la "consciencia" subjetiva que tenemos sobre ellos. El otro tipo, tal y como se ve en el esquema final, sería desmenuzar los supuestos pasos que siguen los procesos neurales. Así lo hicimos, ya que este último incluye al primero y es mas operativo.

De esta manera pudimos distinguir un PRIMER NIVEL cuyo cometido es la de normalizar la información de entrada, además de mantener este proceso a lo largo de todos los niveles. Lo consigue gracias a la utilización de lo común a toda interacción electromagnética con los fotorreceptores: la descarga eléctrica, o sea, el valor de la intensidad (activación-desactivación) en cada punto. Este valor (o "cero" según Marr) puede ser trasformado en mancha gracias a la derivada de su valor o en un borde con su segunda derivada.

Un SEGUNDO NIVEL comienza cuando los valores del primer nivel se comparan, cotejan, explicitan valores afines, coincidencias, etc.

Estos resultados llevarán información explícita sobre los bordes de reflectancia, de iluminación, de lo que es mancha, de lo que es terminación, de lo ancho, grupo, orientación, contraste triestimular, movimiento, dirección de movimiento, cadencia temporal, etc etc.

No cabe duda de que son unos primeros resultados de un complejo proceso analítico. Por lo tanto cabe esperar su función diferenciadora (creación inicial de valores distintivos) así como normalizadora.

Un TERCER NIVEL comienza cuando lo explícito del nivel anterior se agrupa en familias o mapas (mapa de reflectancia, mapa de iluminación, mapas triestimulares del color, mapas de movimiento, etc).

Ahora bien, este tercer nivel no se agota aquí, ya que su propiedad mas importante es la de sintetizar los productos de los mapas. A esta síntesis le he denominado CONSTRUCCION ENTITATIVA, ya que forma parte de la conjetura defendida en este trabajo de que es precisamente en este nivel donde comienzan a formarse los perceptos como tales.

De esta manera, cabe citar la estructura jerárquica de la composición de la percepción. Puntos, manchas, bordes, etc serían los elementos básicos (del percepto no de las cadenas neurales), así como agrupaciones, asociaciones, líneas virtuales, familias de elementos básicos, objetos en el sentido mas cotidiano del término (teléfono, pipa, escoba, pared, etc), etc, así como la asignación (correspondencia) del matiz de color y el movimiento a dichas entidades. Por último, la unidad como entidad total de la escena.

Recordemos, aunque nos repitamos, que la imagen total de la escena no es mera suma de sus partes, sino una asignación ponderada e interrelacionada de todas las partes entre sí (por ejemplo, la asignación de un gris a una superficie dada, a un borde, no sucederá hasta tener información del lugar que ocupa en dicha escena)

Un CUARTO NIVEL lo constituirían todos aquellos sucesos que de una manera u otra adicionarían otras propiedades a la escena final (a la imagen estética). No cabe duda que en el punto mas bajo de este nivel nos encontraríamos con la constancia cromática, ya que ésta, tal y

como hemos argumentado, precisa de que la imagen de la escena esté construida, no antes.

La adición de SENTIDO o SIGNIFICADO, con una relación mas directa con las áreas de Wernicke, Broca, o la descubierta por Geschwind (zonas de la identidad) parecen conformar el medio donde la constancia de la forma y del tamaño tienen su génesis. Está claro que no es un problema de "imagen", que pueda deducirse de sus componentes, si no de "entidad" significante, de la asignación de un significado a una familia de imágenes altamente diferentes. O sea, conexión entre el objeto y su identidad.

A partir de aquí, otros niveles cada ver mas complejos y mas efímeros (capacidad de alteración o modificación) conformarán lo especifico de la percepción humana, pero eso quedará para futuras investigaciones. Nuestro cometido ya ha sido cumplido.

7.- Dado por sentado la existencia de dichos niveles, así como el carácter analítico y sintético que los construyen, ¿cómo podríamos relacionarlo con la cualidad entitativa que parece portar todo percepto?.

Llegados a este punto entramos en otra dimensión del problema. A saber: podemos seguirle el paso, dentro de lo que se conoce, a todo el proceso de análisis que subyace a aquello que, de una manera totalmente diferenciada cualitativamente se nos presenta ante nuestro ojos o mentaciones: el <u>percepto</u>. O sea, sabemos que en alguna zona, un borde (la percepción de un borde, una línea, etc) es el resultado del análisis de una inmensa cantidad de relaciones entre la escena total (relación entre la luminosidad de dos manchas que se limitan entre sí, relación entre sus albedos, relación coplanar y su posterior asignación de gris, relación entre sus matices, relación con otros bordes, continuidad del borde, etc, etc)... y nosotros simplemente vemos una línea. Ahora bien, una línea (que no sea línea-objeto, o sea, lo suficientemente ancha o prominente como para ser tomada como una superficie) es siempre inseparable a la existencia de dos superficies fronterizas, o a un objeto donde siempre se da sobre algo que hace de "fondo". Este tipo de inseparabilidad no es otra cosa que el tributo que ha de pagar la percepción a su carácter eminentemente hipotético e interpretativo del análisis subyaciente. Un borde es una hipótesis (elevada a percepto) basada en una serie de relaciones que le dan contenido. Por eso todo percepto (o sensación, tal y como se le suele denominar a este nivel) porta información, al menos de tipo "primitivo". Pero, por si acaso, debemos aclarar lo siguiente: no me refiero a

que porte información de una escena del mundo exterior, que es obvio, sino que el percepto, como resultado, es quien la porta, para ser reconocida en menesteres mas complejos. Un borde, una superficie, una mancha, conducen información interrelacional de la escena.

8.- ¿qué podemos decir mas sobre el problema de las invarianzas, y dentro de éstas la del color?

Primero, podemos aclarar que el concepto de invarianza, persistencia o constancia están montados dando por supuesto que el mundo es tal cual lo percibimos. Aunque no estuviese en sus intenciones, es fácil demostrar que esta idea estaba latente.

Cuando un objeto gira, se acerca o es iluminado de varias maneras, sorprendentemente se nos muestra como el mismo (constancia de la forma, del tamaño y del color). Si bien, y esto es indiscutible, cuando gira lo percibimos de muchas formas diferentes; cuando se aleja lo vemos cada vez mas pequeño, y cuando se ilumina de varias maneras, lo vemos cambiar de tonos, sombras, etc.

Esta forma de pensar, que por otro lado no es mas que describir lo que se está viendo, pasa por alto la forma en que se construye la imagen, y no existe la mas mínima duda en cuanto la identificación de lo que "es" y lo que se ve.

Pero describir lo que se ve tiene una ventaja a su favor, y es que los fenómenos que se observan (y en este caso, "el parecernos siempre el mismo") seguirán siendo ciertos (como tales perceptos) aún cuando nuestras opiniones sobre ellos sean falsas. Así, el problema, que es motivo de esta tésis, mas que ir en contra o en favor de "el parecernos siempre el mismo", que lo tenemos que acatar por evidente, lo que tenemos que hacer es intentar explicarlo dentro del esquema que hemos confeccionado.

Y habíamos llegado a la conclusión de que al menos la constancia cromática pasaba por "el como" se percibe. Los mecanismos que hacían que un color mantuviese su entidad aun cuando las condiciones físicas nos indicasen lo contrario, se basaban en problemas de relación con

otras partes de la escena, o sea, en la exigencia de unas condiciones mínimas, a saber, la existencia de al menos dos superficies de diferente albedo. Cuantas mas, mas constancia. ¿Que quiere decir todo esto?. Esto sólo nos está hablando de que siempre que se den una serie de relaciones en la escena exterior, siempre se dará la constancia. En su ausencia, acaecerá la inconstancia. O sea, como una percepción mas.

Y si decimos que lo que se denominan constancias son unas percepciones más, también es verdad que éstas se generan en niveles superiores a los tratados hasta ahora. En lo que concierne a las constancias de la forma y el tamaño, aunque no ha sido el tema del trabajo, no creo que existan muchas dudas en afirmar que pertenece al nivel en el cual la imagen estética constituida en un "todo" comienza a adquirir "sentido" (nivel nº 4 del esquema final). Por contra, la constancia del color, si hacemos caso de la teoría retinex, no necesita de la adquisición de sentido alguno, si bien, la imagen total ya tiene que estar construida e interpretada.

Pero aquí cabe aclarar un asunto que guarda relación, y que se interpone a la comprensión del fenómeno de la constancia. Si hemos dicho que ésta pasa por "el cómo" se percibe, y corrientemente estamos acostumbramos a decir que el color tiene los atributos del brillo, el matiz y la saturación, la constancia del color (a secas) sería la suma de la constancia del brillo, la constancia de la blancura, y la constancia del matiz. Si sólo aceptamos a la constancia del matiz como la única que podemos denominar como del color, le estamos quitando no sólo dos atributos que clásicamente se le han atribuido, sino que estamos falseando lo que unificadamente se percibe, aún cuando podamos neuralmente demostrar que las zonas donde se analiza y sintetiza tal o cual sensación sean diferentes.

De esta manera, cuando vemos que un color bajo condiciones muy dispares se nos muestra como "el mismo" (o en otras palabras, que podemos asignarle términos como rojo, azul, amarillo, etc, aun sabiendo que ha cambiado un poco, o sea, que es un azul en sombra, un rojo apagado, etc) parece que estamos hablando sobre otro tipo de constancia que el que corrientemente se le ha atribuido. Las razones que clásicamente se le han dado presuponía que los cambios "reales" eran los que se percibían (realismo ingenuo) y por eso las estimaciones del sistema visual solo fueron estudiadas en la medida de dichos cambios supuestos, no en los cambios físicos que realmente sucedían.

Así, la diferencia electromagnética entre un rojo iluminado a las once de la mañana y a las cuatro de la tarde es de algo así como de

diez millones de unidades (en la intensidad) o de una composición de frecuencias que nada tienen que ver entre sí (uno podía ser percibido como verde y el otro como azul intenso). Esto sí es invarianza y no otra cosa. Y esto último ha sido expléndidamente conjeturado por M. Land (ver "teoría retinex") y remitido el problema a la sí invariante "relación" entre partes del referente material, o sea, la relación entre tres mapas diferentes de estímulos. Lo invariante no sería el color, ni siquiera un producto de una invarianza "sustancial" de la materia, sino una familia de relaciones.

9.-Si La invarianza del color es más el problema de como se percibe que una supuesta regresión a lo real, ¿que otras propiedades podemos enumerar?

Si como hemos dicho, lo estrictamente relacionado con el "cómputo" que hace posible el "matiz" se realiza en una zona del cortex distinta a los otros atributos, también es verdad que nunca se nos muestra aislado (quizás las únicas excepciones las tengamos en alucinaciones o sensaciones cromáticas por presiones de globo ocular).

En los experimentos de Gilchrist o en las últimas investigaciones de Margaret Livingstone se ve que el carácter estratégico de lo neural nos hace imposible separar, dado un percepto, lo que es forma de lo que es color, o tono o nivel de gris, ya que todos éstos no solo se nos muestras unidos, sino que el color, su matiz o su nivel de gris porta información espacial.

Y esto es de suma importancia ya que el color ha sido uno de los grandes olvidados en todos los textos de la percepción dado que los experimentos para evaluar la percepción espacial, las condiciones excluían al matiz. Nada mas falso. Las casos en los que Gibson describe como básicos para inferir de ellos el espacio, la profundidad, la lejanía, etc, no se toma en cuenta que a parte de la geometría del espacio (la forma) o del gradiente (los objetos disminuyen convenientemente según un tipo de orden espacial) estos no son posibles sin que estén constituidos por un nivel de gris. Es mas, todo espacio gradiente puede ser sustituido por niveles de gris. El problema tiene su origen en enfatizar un aspecto del experimento así como en dar por innato dichos factores de inferencia. Si por un lado decimos que el color tiene tres atributos, luego en los experimentos no podemos olvidarnos de ellos. Esto es hijo del problema enunciado en la cuestión anterior. Nuestra defensa del color se basa en la reiteración de que el color porta información espacial, o lo que es lo mismo, que la supuesta "forma" no es mas que un conglomerado de relaciones, entre ellas las de información cromática.

11.- Ya que una de las mayores dificultades con la que nos encontramos es saber lo "que" percibimos, y esto no es en todos sus aspectos respondidos por el "como", ¿Podemos dar algún tipo de respuesta?

Solo las convencionales o las apuntadas hasta ahora. Pero bien, hemos dicho que cuando se da un suceso "a" es necesario la existencia de alguna restricción o repetición por parte de los sucesos neurales ("b", "c" o "n"), para que sea posible o se dé alguna relación o correspondencia con "a".

Así pues, ¿es cierta la frase de Gibson, quien dice que percibir P es extraer la propiedad invariante P que tiene "a"?(Gibson:1979 p.48). Tendríamos que preguntarnos nosotros en que zona o nivel se localizarían éstas ya que vemos que existen ciertas relaciones que son mas invariantes que otras. Pero aquí no reside el problema sino en el círculo vicioso a la que nos lleva la frase: si percibir P es extraer la invariante P de "a", todo lo percibido serían invariantes. Para Pylyshyn (1981 p.70) este concepto de invarianza no excluye nada, incluso trivializa el problema, ya que si decimos que "a" tiene la propiedad invariante P , cada vez que percibamos "a" (o sea P) estaremos extrayendo la invariante P de "a", que es trivialmente cierto (recordemos todo lo dicho cuando hablamos sobre los problemas mente-materia)

Y si no podemos decir que percibir P es extraer la invariante P de "a", ¿que otras cosas tampoco podemos decir?. Está claro que nuestras percepciones no son fotocopias de la realidad, además de que es necesario (también por una trivial lógica) que "a" y P no sean iguales ni idénticos ya que son cosas distintas, niveles emergentes distintos y que se dan en lugares así mismo distintos .

Tampoco son, y esto se lo debemos a Phylyshyn (1978 p.216 y 1983 p.368.):

a).- la transformación que ocurre entre el transductor y la memoria no producen ninguna degradación de la resolución. Cuando se alteran las condiciones del mundo real, gracias a cambios en la intensidad de la luz, en el uso de filtros o de otras longitudes de onda, no se nos presenta como una realidad "degradada" o sea, desvaída o de "grano mas grueso". Toda ella se nos presenta como un percepto en toda su intensidad, si bien todo lo diferente que podamos pensar.

b).- la transformación no es una deformación topológica continua del patrón de estimulación.

c).- la representación de la escena contiene muchos aspectos no gráficos (de esto hemos hablado largamente, sobre todo es una evidencia a partir del nivel cinco de nuestro esquema final).

d).- lo almacenado ya está interpretado y no necesita de su repercepción. Yo me pregunto en que nivel está ya interpretado. No cabe duda de que en los mas primitivos así es, pero agregarle nuevos sentidos a los recuerdos es posible.

Vemos que nuestro método ya no puede mejorar en nada lo dicho, solo recordar que la imagen estética en cuanto "social" no solo le viene el éxito del método que utiliza en su construcción, sino que además:

i).- A través de la replicación, que es eminentemente conservativa, todos los humanos racional-razonables heredan las capacidades plásticas de su sistema nervioso así como todas las estructuras que hacen posible tal integración

ii).- Por otro lado, todos los humanos racional-razonables acceden a un mismo tipo de realidad "primitiva" en el sentido de que todo se puede resolver a base de bordes, manchas, superficies, líneas, etc.

iii).- Otro caso lo constituyen las construcciones de la imagen estética a partir del nivel número cuatro (que arbitrariamente le hemos asignado en el ESQUEMA FINAL) ya que la realidad de acceso cambia ostensiblemente de lugar a lugar, de etnia a etnia, etc, donde la construcción es a base de pura intersubjetividad y consenso.

Entiendo que el mayor problema que se le presenta a la percepción, a parte de los planteados, es que lo mas probable es que lo "conscientemente perceptivo" solo tenga un tipo de justificación semejante al que se le atribuye a la vida. Dado que no podemos captar eso que es "vida" sino exclusivamente haciendo referencia a su nivel "emergente", a su histórica fulguración sobre la Tierra, y su mantenimiento solo lo podemos argumentar en términos de conservación y replicación, etc, lo mismo tenemos que hacerlo sobre los perceptos.

Al igual que cuando se disgregan los iones de una molécula, ésta desaparece y así mismo sus propiedades moleculares, la vida (mas efímera) sencillamente se "va" cuando las cadenas vitales se alteran o rompen... y con ellas también los perceptos.

12.- Resumiendo, podemos afirmar:

1).-que la realidad material a la que accedemos, incluyéndonos a nosotros mismos y a nuestras percepciones, es de tipo RELACIONAL.

2).- que a través de las propiedades básicas de lo vivo: REPLICACION, EVOLUCION y ADAPTACION, portamos órganos receptores directamente relacionados con las cadenas tróficas y etológicas; lo que implica una adaptación del órgano a la realidad material (a una familia de relaciones)

3).- que los estados finales de todo percepto constituye un nivel emergente

4).- que este estado del percepto es, al menos, triplemente verificado.

5).- que si bien no podemos asegurar que las percepciones constituyan una fotocopia, una trasformación topológica o un degradado... del referente material, ellas mismas son realidades materiales y podemos conocer su grado de veracidad.

6).- que podemos añadir a los postulados del realismo crítico el carácter entitativo de la realidad del percepto, como fulguración netamente (exclusivamente) del percepto.

7).- que la realidad estética es construida.

8).-que en dicha construcción se solapan un proceso analítico y otro sintético, siendo los resultados de éste último los elementos de la imagen. A saber: puntos, manchas, bordes, agrupaciones de elementos, objetos-entidad, fondo-entidad, escena-entidad, etc, y todo lo que posteriormente se le añade: significado, sentido, intencionalidad, etc.

9).-que podemos distinguir claramente los distintos niveles en que esto se produce:

NIVEL 1= normalización de entradas

NIVEL 2= creación de valores distintivos y normalización de las salidas que se irradian al resto del cerebro

NIVEL 3= construcción de entidades. Síntesis de elementos, de agregados, agrupaciones, objetos, y escena total.

NIVEL 4= adición o asignación de otros parámetros a los elementos, partes o imagen total de los niveles anteriores. La invarianza cromática es un ejemplo.

NIVEL 5= adición del sentido, significado, etc.

OTROS NIVELES= adición continua de nuevos parámetros. Intencionalidad, metasentidos (hemeneutica del lenguaje), lenguajes lógicos, científi-

cos, teóricos, poéticos o estéticos etc.

10).-que de ello se desprende que existe una primera fase constituida por sistemas neurales comprometidos sobre los cuales no tienen efecto los niveles superiores; y otros, construidos sobre un soporte neural plástico en el cual sí existe la posibilidad de modificación.

11).- que sobre esta capacidad de modificación está montada la posibilidad del conocimiento.

12).- que en lo referente a la constancia cromática hemos constatado:

-que la constancia cromática pasa por el "como" se percibe.
-que la constancia cromática es la suma de la constancia de blancura y la constancia del matiz.
-posteriormente hemos demostrado que la constancia de blancura es manera de representarnos estéticamente el orden espacial de la escena.
-que para que se dé constancia cromática se necesita la existencia mínima de dos superficies. En un mundo natural, profundamente articulado y complejo, siempre se da la constancia cromática.
-que la constancia cromática es, por lo tanto, una percepción más, incluida en el nivel 4 de nuestro esquema, si bien evidencia la forma tan peculiar de la percepción del color.
-que la percepción del color logra su estabilidad gracias a una comparación triestimular.
-que el color es modificado en beneficio del orden de coplanaridad de la escena
-que el color, por lo tanto, tiene información espacial.

TRANSICIONES ELECTRONICAS EN LOS ATOMOS E IONES

TRANSICIONES VIBRACIONALES EN LAS MOLECULAS

TRANSICIONES EN ORBITALES MOLECULARES

CAMPO CRISTALINO

MASAS METALICAS CON MATERIALES
QUE POSEEN BAN DE ENERGIA

MOLECULAS COMPLEJAS

DISPOSICIONES
HIPERCOMPLEJAS

EXCITACIONES ELECTRONICAS

VIBRACIONES, TORSIONES

TRANSFERENCIAS DE CARGAS

COMPUESTOS DE METALES DE TRANSICION
"IMPUREZAS" DE METALES DE TRANSICION
"HUECOS" Y CENTROS DE COLOR

CONDUCTORES METALICOS
SEMICONDUCTORES PUROS
SEMICONDUCTORES CON IMPUREZAS

ENLACES CONJUGADOS, RADICALES CROMOFOROS ASOCIADOS AUXOCROMOS

DISTRIBUCION ESPACIAL DE LOS ELEMENTOS
PROPORCIONES DE ENERGIA

OTRO TIPO

DE

INTERACCIONES

Y

PROPIEDADES FISICAS

DISPOSICIONES MACROSCOPICAS
DE LA MATERIA

BIOFUNCIONES CADENA ALIMENTICIA

ORGANOS CON PROPIEDADES FOTORRECEPTORAS

ORGANOS CON PROPIEDADES OPTICAS

FILTRAJE IMPLEMENTADO EN EL MUNDO FISICO:

F = EXPLICITACION PROPIEDADES
= PROPORCION, CANTIDAD, d(x), d(t)
= C (X,Y,Z)

BIOFUNCIONES CADENA NEURAL

GEOMETRIA MACROSCOPICA: (SUPERFICIES,
ORIENTACION, ORGANIZ. JERARQUICA, ETC)

DISPOSICIONES MATERIALES DE
IMPORTANCIA Y CAUSACION BIOLOGICA

PROPIEDADES OPTICAS- DIFRACCION
INTERFERENCIAS
DISPERSION

PROPIEDADES ECOLOGICAS- HABITATS
... ECOSISTEMAS

PROPIEDADES ETOLOGICAS- COMPORTAMIENTO
ENTORNOS CULTURALES

OBJETOS DEL ARTE Y LA CIENCIA

PUNTO DE OBSERVACION

NIVELES DE CONSTRUCCION ESTETICA

ENTORNO PREFERENCIAL A RECONSTRUIR

ENCAUZAMIENTO

CAPACIDAD NEURAL BASICA (extensible a cada nivel):

FRECUENCIA DE IMPULSOS
NUMERO DE NEURONAS NUMERO DE DENDRITAS NUMERO DE CONEXIONES
TIPO DE SINAPSIS NEUROPEPTIDOS NEUROTRANSMISORES
PREFERENCIA SINAPTICA
PLASTICIDAD
UBICACION

1.-NORMALIZACION
DE ENTRADAS

VALORES DE INTENSIDAD DE CADA PUNTO
(A DISTINTOS NIVELES)

2.-CREACION INICIAL DE
VALORES DISTINTIVOS
-NORMALIZACION DE SALIDAS
HACIA EL CORTEX Y RESTO
DEL CEREBRO.

ANALISIS, COMPARACION DE COINCIDENCIAS
COMPARACION DE VALORES AFINES,
COMPARACION DE VALORES FRONTERIZOS,
ANALISIS Y COMPARACION DE VALORES TEMPORALES,
ETC.

INFORMACION EXPLICITA Y DIFERENCIADA
DE DICHOS ANALISIS Y COMPARACIONES.

EXTRACCION EXPLICITA DE BORDES DE REFLECTANCIA Y DE ILUMINACION. EXTRACCION EXPLICITA (A DIVERSOS NIVELES) SOBRE MANCHAS, BORDES, TERMINACIONES, GRUPOS, LIMITES, ORIENTACION, CONTRASTE, LONGITUD, ANCHURA, POSICION, MOVIMIENTO, ETC

radiación ubicativa

3.- CONSTRUCCION DE ENTIDADES

SINTESIS DE ELEMENTOS

REPETICION DE PROCESOS PARECIDOS
Y COLABORACION CON OTROS SENTIDOS

MAPAS DE REFLECTANCIA, MAPAS DE ILUMINACION
MAPAS DE COLOR, MAPAS DE MOVIMIENTO

radiación ubicativa

SINTESIS DE AGREGADOS
AGRUPACIONES, ETC

REPETICION DE PROCESOS PARECIDOS
COLABORACION CON OTROS SENTIDOS
Y PARTES DEL CORTEX Y CEREBRO

radiación ubicativa

SINTESIS TOTAL DE LA ESCENA

4.- ADICION DE OTROS PARAMETROS TALES COMO:
Construcción de la invarianza cromática
+ identidad = Constancia forma y tamaño

COLABORACION TOTAL CON OTROS
SENTIDOS. SOLAPAMIENTO CON
OTRAS AREAS

ASIGNACION DE NIVELES DE GRIS

5.- ADICION DE SENTIDO, SIGNIFICADO, INTENCIONALIDAD, ETC

radiación ubicativa
netamente plástica

LA IMAGEN SE CONSTITUYE EN UNA HIPOTESIS SOBRE LA REALIDAD, EN UNA INTERPRETACION BASADA EN LA RELACION DE LA ESCENA.

GLOSARIO

ABIOGENESIS= Generación espontánea. Aquí nos referíamos a la creación del substrato orgánico anterior a la aparición de la vida.

ADAPTACION= Dado un pool (paquete) genético y una tríada de condiciones exteriores (aislamiento geográfico, aislamiento etológico y aislamiento citogenético) el resultado es la adaptación.

AEROBIO= Así se denominan a los seres, que como nosotros, se alimentan o respiran aire.

AFASIA= Defecto en el habla debido a una lesión cerebral, en la cual está alterada la capacidad para formular y/o utilizar símbolos (Smith, 1970, p.412)

AFERENTE= Aquí nos referimos a toda cadena de impulsos que se dirige hacia el cerebro desde las zonas periféricas del cuerpo.

AGNOSIA OPTICA= El paciente puede reconocer las partes de un objeto pero no su conjunto.

AGNOSIA FACIAL= El paciente diferencia perfectamente a una persona de otra, pero es incapaz de relacionarlo con lo que representa social o familiarmente. Ver PROSAPAGNOSIA.

ALBEDO= porcentaje de energía que refleja una superficie. Podríamos decir que es el nivel de "gris" que porta el color de la superficie.

ALELO= Se denominan alelos al conjunto de genes, estén estos en su forma normal (o salvaje) o forma modificada (mutada).

ALGORITMO= Es una forma mecánica de resolución de problemas. En este trabajo, cuando se ha hablado de algoritmos implementados en la estructura neural, se hacía referencia a una distribución de la información que gracias a iteraciones, repeticiones o una forma constante de manipular las entradas se provocaba la resolución o la captación de relaciones de la escena a percibir.

ANAEROBIO= Así se les denomina a los seres que pueden vivir sin aire.

ANALISIS= Cuando decimos que tal o cual nivel del sistema visual está "analizando" algún aspecto de la realidad, queremos decir que se está separando, dividiendo, el todo en sus partes. Evidentemente, esta definición es una aplicación de un concepto mas general de análisis (p.ej. el de lógica), que aquí no podemos aplicar en toda su dimensión. Por ejemplo: "En lógica se llama juicio analítico al juicio, cuyo predicado está ya contenido en el sujeto. El predicado no añade nada nuevo al sujeto" (N.Ursua:1982 p.247) . Aquí no podemos estar seguros de esta última afirmación.

ATRIBUTOS PSICOLOGICOS DEL COLOR= El matiz, el brillo y la saturación.

AUTOTROFOS= Cuando un organismo tiene capacidad para sintetizar moléculas orgánicas a partir de otras sencillas se le denomina autótrofo.

AZAR= A lo largo de todo este trabajo el sentido que se le ha dado al AZAR entra dentro, exclusivamente, de los eventos biológicos. A saber, aunque podamos dar razones de que un suceso "b" proceda "necesariamente" por replicación de "a", pudo muy bien haber sucedido "c" o "d". Las mutaciones, y por lo tanto nuevas aportaciones o nuevas posibilidades de lo vivo, se dice que surgen al azar puesto que no están sujetas a planes premeditados de cambio. Ver NECESIDAD.

BAGAJE GENETICO= Genes que existen en una población natural, pero que no se expresan en el fenotipo (puesto que están en estado de heterozigosis). El bagaje constituye una reserva de genes de los que la especie puede disponer cuando hay un cambio en la presión selectiva...(J. Ruffié:1976 p.400)

BIOGENESIS, SINTESIS BIOGENICA= Origen y desarrollo de la vida. Aquí lo hemos usado cuando hablamos de la síntesis biogenética, que se refiere a la síntesis orgánica o a la creación del substrato orgánico provocado por los seres vivos.

BIOPOESIS= Origen de la primera "cosa" viviente, incluyendo la historia química que la precedió (Keosian :1964 p.87)

CARIOTIPO= Conjunto de cromosomas de una célula.

CELULAS COMPLEJAS= Constituyen un tipo de células del córtex visual que no responden a estímulos simples, o que sus respuestas no son lineales con dichos estímulos.

CELULAS SIMPLES= Constituyen un tipo de células del córtex estriado que son sensibles a la orientación y sus respuestas son lineales con la estimulación de su campo.

CERO= En la terminología de D. Marr (ver TEORIA COMPUTACIONAL en el trabajo), un cero es el punto en el cual el valor de una función cambia de signo. Ver GAUSSIANA.

CIRCUNVOLUCION= Es aquella porción de corteza cerebral que se encuentra entre dos surcos.

CONSENSO= Acuerdo entre personas que hablan un lenguaje, son racional-razonables y están informados sobre el asunto en cuestión. Un carácter esencial del consenso lo constituye la intersubjetividad. (N.Ursua:1982 p.248)

CONSTANCIAS= Se denominan con este término a aquellos sucesos perceptivos a los que se les atribuye "cierta constancia" con respecto a su referente material, aún en el caso de que las variables de iluminación, posición respecto a él, o por el propio movimiento del objeto, cámbien ostensiblemente. Según unos autores, las constancias en las que está implicada la visión son las siguientes: CLARIDAD, TAMAÑO, FORMA y COLOR, habiendo ciertas discrepancias en cuanto al término "claridad", ya que es sinónimo de "blancura" y de "brillantez". Otra de las discrepancias mas importantes son el hecho de que muchos autores definen a la claridad como un subsistema de la constancia del color, el cual incluiría dos facetas distintas=la constancia del matiz + constancia de la brillantez.

CORRIENTE OSCURA= Corriente de iones Sodio a través de la membrana de los fotorreceptores para mantenerlos en estado homeostático.

CORTEX ESTRIADO= Area de proyección visual primaria. Su nombre de debe a la existencia de estrías de sustancia blanca.

CROMOSOMA= Estructuras del núcleo de la célula compuestas de ADN. Su replicación constituye lo que se denomina mecanismo hereditario.

CUERPO NEGRO= Como ya se ha explicado en el texto, el cuerpo negro es un material ideal, teórico, cuyas emisiones de energía se deben a cambios en su temperatura.

DEDUCCION LOGICA= La deducción lógica consiste en la derivación conceptual o en el procedimiento conclusivo que parte de unos enunciados generales o universales (premisas) y llega a unos enunciados deducidos llamados conclusiones. La regla de la deducción es el «modus ponens». Si A, entonces B; es así que A, luego B. La deducción es lo contrario a la inducción que parte de lo particular a lo general. (N.Ursua:1982 p.248)

DISPARIDAD SENSORIAL= Cuando dos sentidos o dos entradas de información, causan acontecimientos que no se corresponden entre sí, suceden disparidades sensoriales. La plasticidad neural, para estos casos, se reserva la propiedad de acomodación.

DISPARIDAD OCULAR= Dos objetos a distancias diferentes provocan imágenes que difieren en ambos ojos. De dicha disparidad, el cerebro puede inferir la sensación estereoscópica o espacial (distancia, etc)

DISPERSION= fenómeno relativo a la descomposición de la luz en sus diferentes radiaciones

DISTAL= Se entiende por estímulo o estimulación "distal" el objeto (evento o situación) que es finalmente percibido y que, por tanto, constituye el referente propiamente dicho de la percepción, el contenido mismo de la llamada conciencia perceptiva.(J. E. García-Albea:1986 p.35)

ECOLOGIA= Estudio del sistema compuesto por el entorno, la población y el individuo. Sus influencias y relaciones.

EFERENTE= Se denomina así, a los nervios eferentes que conducen los impulsos desde el S.N.C. hacia los organos efectores

ELECTRON DE VALENCIA= ver VALENCIA.

EMERGENCIA= Aparición de una nueva cualidad o de una cosa que posee rasgos cualitativamente nuevos. En particular, las propiedades emergentes de un sistema son las que posee el sistema como totalidad y que, a la vez, no las posee ninguno de sus componentes (Mario Bunge:1980 p.237)

ENERGIAS PROHIBIDAS= Para poder promocionar un electrón a niveles de mayor energía, solo puede hacerlo de manera discreta, a saber, tomando una energía determinada. Esto se decanta en que existen ciertas cantidades que están prohibidas, o sea, que no puede absorber.

ENTROPIA= Grado de desorden de un sistema.

ENUNCIADO BASICO= Este tipo de enunciado quiere expresar el valor fáctico o dato experimental y, por tanto, pretende ser seguro. Esta clase de enunciado se puede denominar también enunciado protocolario (del registro en el protocolo de laboratorio o informe de observación)(Neurath), enunciado de observación (Carnap), enunciado de base (Popper). Este enunciado constituye el punto de partida y el fundamento de la ciencia del conocimiento. Con esto se halla relacionado el «problema de la base del conocimiento empírico». (N.Ursua:1982 p.248). Particularmente, en este trabajo, los enunciados básicos subyacen bajo lo que hemos denominado como NOTAS.

EPISCOPIO= Dispositivo para crear transparencias haciendo girar a mucha velocidad unas aspas del color que se necesite.

EPISTEMOLOGIA= Parte de la Filosofía que estudia el conocimiento.

ESCOTOMA= Es la pérdida momentánea o perenne de la función de una parte del área de proyección primaria del sistema visual. Por lo tanto sería la falta de análisis de una zona concreta de la escena exterior. Este defecto es suplido por las áreas colindantes que construyen una información intermedia entre ellas.

ESPACIO DE ESTADOS= El espacio de estados de una cosa es el conjunto de todos los estados en los que la cosa se puede encontrar. Cada especie de cosas está caracterizada por un espacio de estados. Normalmente el espacio de estados de una cosa es un espacio n-dimensional formado por los rangos de las funciones que representan las n funciones de la cosa. Cada estado de la cosa lo podemos representar como un punto en este espacio de estados (Mario Bunge:1980 p.237)

ESPECTRO CONTINUO Y DISCRETO= Como se ha dicho en ENERGIAS PROHIBIDAS, generalmente todos los átomos poseen niveles discretos de absorción de energía, pero existen cierto tipo de conglomerados o disposiciones materiales que pueden absorber un número continuo de energías. A este espectro se le denomina "continuo".

ESQUIZOFRENIA= Perdida de conexión con el mundo real.

ESTADO FUNDAMENTAL= Es el estado mas estable de los átomos. Verdaderamente, sólo esta en este estado en el cero absoluto. En un ambiente terrestre (el cotidiano) este estado absorbe energía térmica (infrarroja) permaneciendo constantemente en el "rotatorio o vibracional" del Fundamental.

ESTADO EXCITADO= Cuando un electrón absorbe energía, éste pasa a un nivel superior. En este estado, el átomo se dice que está excitado.

ESTADO IONIZADO= Es cuando el átomo está tan excitado que sus electrones exteriores pueden emanciparse de el. Digamos que la fuerza nuclear no es suficiente para mantenerlos en sus orbitales.

ETOLOGIA= estudio del comportamiento.

EUBIOGENESIS= del término "eubionte" de Pirie, significa el anuncio de la primera emergencia afortunada de eubiontes a partir de estructuras subvitales bien desarrolladas (Keosian: 1964 p.87)

EVOLUCION= Es un término genérico de lo que realmente es el resultado de una microevolución (evolución dentro de una rama) y una macroevolución o Tipogénesis (saltos evolutivos).

EXITANCIA= Llamado anteriormente emitancia, se define como el flujo emitido por un manantial, por unidad de superficie, en todas direcciones

FAGO= Virus que vive en las bacterias y que es capaz de pasar de una bacteria a otra..(J. Ruffié:1976 p.402)

FENOMENO= (del griego feinómenon = lo que se muestra o aparece). Significa todo lo que se manifiesta o aparece en la experiencia cotidiana o científica. (N.Ursua:1982 p.250). Nuestro concepto particular o de partida de lo "estético" tiene mucho que ver con esta definición de fenómeno, pero lo hemos obviado a causa de su posible confusión con lo "fenomenológico".

FENOMENOLOGIA= Método que trata de entender de manera inmediata el mundo del hombre mediante una visión intelectual basada en la intuición de lo que es dado o la cosa misma. (N.Ursua:1982 p.250)

FENOTIPO= Conjunto de caracteres observables en un individuo. El fenotipo es el resultado de la acción conjunta de dos factores: (J. Ruffié:1976 p.402)

1) la información genética
2) La influencia del entorno

FILOGENIA= Ciencia que estudia el origen y la evolución de las grandes líneas (de los phyla)..(J. Ruffié:1976 p.402)

FILUM= Es una subdivisión o taxia del mundo biológico. Ver TAXONES

FLUJO RADIANTE= Es la energía emitida, recibida o transferida por una superficie en la unidad de tiempo.

FLUJO LUMINOSO= Es el flujo radiante que es capaz de causar sensaciones en un observador humano.

FLUORESCENCIA= En este trabajo se ha entendido por "fluorescencia" a la propiedad que tienen algunas disposiciones atómicas de absorber energía térmica (infrarroja) para promocionar a un electrón a un nivel de energía tal, que en su decaimiento al fundamental emite un cuanto de energía superior a la absorbida.

FOSFORESCENCIA= En este trabajo se ha entendido por "fosforescencia" a la caída de un electrón excitado de un nivel superior a otro inferior, con el resultado de dos emisiones distintas de energía.

FOURIER, TRANSFORMADA DE= La aplicación de una trasformada de Fourier a una señal temporal, la combierte en una representación normalizada de sumas de ondas seno y coseno.

FUNCION= En matemáticas se trata de una relación entre dos conjuntos, relación que asigna a cada miembro del primero exactamente un miembro del segundo. Notación estándar: f:A -- B. Siendo a un miembro de A, el valor que f toma en a lo representamos por f(a), que es un miembro de B. En biología y tecnología la función de una cosa es lo que la cosa hace. Ejemplo: una función del cerebro de los primates es pensar. Observemos que aunque cada actividad que tiene un propósito es una función de algún animal, la recíproca es falsa.(Mario Bunge:1980 p.237)

GEN= Fragmento de cromosoma que controla la síntesis de una proteína activa, que interviene en la realización de un carácter hereditario. .(J. Ruffié:1976 p.403)

GENOMA= Conjunto de información contenida en una sola dotación cromosómica (células sexuales).

GENOTIPO= Conjunto de genes presentes en un individuo.

HELSON, HARRY (teoría de)= ver NIVEL DE ADAPTACION

HEMIANOPSIA= Tiene relación con la "pantomima del olvido generalizado" y son aquellos comportamientos en los cuales los pacientes no ven parte de la escena, justamente la mitad.

HETEROTROFOS= Seres incapaces de sintetizar moléculas orgánicas a partir de moléculas simples.

HISTORICISMO= El historicismo más que un método es una actitud que hace de la historia y de los hechos históricos el principio máximo de explicación. Da igual valor a todos los hechos sin concederles ningún significado trascendente, o sea, sin pretender elevarse por encima o ir más allá con su comprensión. (N.Ursua:1982 p.250)

HOLWAY Y BORING, EXPERIMENTOS DE= Demostraron que alterando jerárquicamente las condiciones experimentales se producía una eliminación progresiva de la información con respecto a la distancia. Dichas condiciones eran las siguientes: 1) visión binocular con buena iluminación y movimientos libres de cabeza;2) visión monocular en las mismas condiciones; 3) visión monocular a través de una pequeña apertura; y 4) visión monocular con las luces del corredor apagadas.(en R. H. Day: 1969 p.98)

HOMEOSTASIS= Es el estado de equilibrio por excelencia. Cuando a una estructura biológica (u otra cualquiera) se le hace acceder a un estado forzado, excitado, etc, su tendencia suele decaer hacia la homeostasis.

IDEALISMO= El conjunto de ontologías según las cuales las ideas son autónomas o autoexistentes. Hay dos variedades del idealismo: el subjetivo y el objetivo (Mario Bunge:1980 p.237)

ILUMINANCIA= Es el flujo luminoso incidente por unidad de superficie.

ILUSION DE LA LUNA= Desde Tolomeo se conoce dicho efecto, el cual se basa en la apariencia de que la Luna es mas pequeña cuanto mas lejos se encuentre del horizonte.

INDICIOS, Teoría de los = utiliza una percepción para explicar otra, cuando el mismo campo de estimulación es responsable de ambas. MacLeod demostró que la constancia de claridad no depende del indicio proporcionado por la iluminación. (tomado de Bartley 1958, p.228)

INDUCCION= La inducción consiste en el proceso de descubrir y formular enunciados o leyes generales a partir de observaciones o experiencias particulares... (N.Ursua:1982 p.250)

INTENSIDAD LUMINOSA= Es el flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido en una determinada dirección.

INTERDISCIPLINARIDAD= Sería la relación y cooperación existente entre diferentes campos científicos en orden a una investigación común (Nicanor Ursua:1982 p.251)

INTERSUBJETIVIDAD= Relación y acuerdo existente entre varios o todos los sujetos.(Nicanor Ursua:1982 p.251)

ISOLUMINANCIA= Se dice que dos superficies son isoluminantes cuando sus nivel de gris son iguales. También podemos decir que dentro de una misma superficie donde no es posible crear un borde dentro de ella, dos puntos cercanos son isoluminantes.

LEY DEL ANGULO VISUAL= Dos objetos colocados a distintas distancias, requerirá que el mas lejano se le aumente de tamaño para que tengan el mismo ángulo visual (sean iguales en la retina).(tomado, con modificaciones, de Bartley 1958, p.234)

LEY DE LA CONSTANCIA DE TAMAÑO= Independientemente de la distancia si un objeto se mueve con respecto a otro cuyo tamaño es idéntico a él, es necesario que su tamaño no varie para que parezca igual a él.(tomado,con modificaciones, de Bartley 1958, p.234)

MAPA= Denominamos mapas neurales o corticales (mapa del movimiento, mapa del color, etc) a la FUNCION específica de dichas zonas. Ver FUNCION.

MARCADORES DE LUGAR= Un marcador que señala un punto de interés en una imagen. Estos marcadores tienen posición y pueden gozar de varias propiedades mas. Se piensa que se construyen durante el análisis inicial de la disposición espacial de una imagen..(D. Marr:1982 p.352)

MATERIALISMO= Clase de ontologías según las cuales la realidad está compuesta exclusivamente de cosas materiales o concretas. Ejemplos: el fisicismo, el materialismo dialéctico y el materialismo emergentista. (Mario Bunge:1980 p.238)

MAXWEL, DISCOS DE= Son unos discos compuestos por aspas blancas y negras, las cuales se pueden regular (poner mas o menos negro, mas o menos blanco) de forma muy precisa.

METODO= El método consiste en un procedimiento regular y siempre repetible, formulado explícitamente, en orden a la consecución de algo, a saber, conocimiento científico. Estrategia que se lleva a cabo en la labor de investigación científica.(Nicanor Ursua:1982 p.251)

MOTONEURONA= Neurona eferente. También se denominan así aquellas neuronas que sin pasar por el cortex son capaces de activar un músculo o similar.

MOVIMIENTO DE VERGENCIA DE LOS OJOS= Son movimientos disyuntivos que cambian las direcciones relativas de mirada de ambos ojos, haciéndoles más convergentes o mas divergentes, manteniendo inalterada su dirección media..(D. Marr:1982 p.352)

MOVIMIENTO SACADICO= Salto preprogramado del globo ocular cuya función guarda relación con la renovación informativa de la retina, o con la búsqueda de algún tipo de información que el cerebro, de forma inconsciente, cree que es importante.

MUTACION= Transformación o modificación de las cadenas del material cromosómico. Implica el cambio en la información genética.

NECESIDAD= En este trabajo se ha utilizado este término en el sentido contrario al de azar. Cuando se da un suceso de tipo biológico, entrará "necesariamente" dentro de una cadena de acontecimientos (p.ej. la selección natural) si bien dicho acontecimiento pudo haber ocurrido "por simple azar". Ver AZAR

NIVEL DE ADAPTACION= Es una norma interna, según Harry Helson, un concepto perceptual subjetivo o un promedio ponderado de ciertas clases de percepciones, algo así como un marco de referencia ante el cual comparar dichas percepciones (recogido en Cohen, 1969/a p. 65)

NICHO ECOLOGICO= Espacio geográfico natural, que presenta unas características ambientales determinadas (físicas, climáticas) y en el que viven poblaciones animales y vegetales adaptadas a este nicho (también denominado biotopo). El conjunto de grupos que viven en un mismo biotopo y que tienen entre ellos unas relaciones determinadas (en particular de alimentación) constituye una biocenosis..(J. Ruffié:1976 p.406)

OBJETIVIDAD= En la actualidad se suele entender por objetivo el acuerdo o consenso entre sujetos que han de ser críticos y entendidos en un campo determinado de la ciencia y del conocimiento real, dentro de un proceso dialéctico continuo. (Nicanor Ursua:1982 p.251)

ONTOLOGIA= Rama de la filosofía que trata de la naturaleza de la realidad. Trata, mas en concreto, del concepto general de cosa, cambio, ley, causación, vida, mente y sociedad.(Mario Bunge:1980 p.238)

PANTALLA DE REDUCCION= Puede ser una simple rendija, un tubo o incluso un pequeño agujero. Su función es la de aislar una zona de la escena de los colores que la rodean.

POLIMORFISMO= Existencia simultánea, dentro de una misma población, de varios tipos de individuos tanto a nivel del fenotipo (polimorfismo fenotípico) como a nivel del genotipo (polimorfismo genotípico). El polimorfismo genético es la norma en las especies salvajes..(J. Ruffié:1976 p.407)

POOL= del término "paquete" no es mas que un grupo de genes que porta una población y que los distingue de los demás.

POSTULADO= Una hipótesis que está justificada por sus consecuencias lógicas (teoremas, corolarios). Sinónimo: axioma. El fundamento de una teoría es un conjunto de postulados a partir de los cuales se siguen todas las fórmulas de la teoría.(Mario Bunge:1980 p.238)

PROPIOCEPTOR= Término de difícil definición, dada la disparidad de sentidos con los que se usa. En este trabajo se ha entendido como receptor táctil insertado en el interior de diversos órganos y que tienen la misión de informar sobre el propio organismo.

PROSAPARGOSIA= Es una forma de AGNOSIA FACIAL propuesta por Geschwind en la cual el paciente es incapaz de conexionar la imagen del rostro con su identidad.

PROXIMAL= Se entiende por estímulo o estimulación "proximal" el efecto producido por un determinado tipo de energía física procedente del medio en un receptor sensorial, pudiendo caracterizarse por parámetros directamente ligados a esa energía física y a su distribución en el receptor.(J. E. García-Albea:1986 p.35)

PURKINJE, fenómeno de= Se denomina así al cambio que ocurre en la brillantez del color causada por el paso de funcionamiento de los bastones a los conos, o viceversa.

QUIASMA=El quiasma óptico es el lugar donde se cruzan las fibras de los nervios opticos.

PHYLUM= ver FILUM

POTENCIAL DE ACCION= La punta eléctrica autorregenerativa que se propaga hacia el axón transmitiendo una señal de una célula a la siguiente a través de la sinapsis..(D. Marr:1982 p.353)

REFLECTANCIA= Es la relación entre el flujo reflejado y el incidente sobre una superficie.

REPLICACION= Propiedad fundamental y básica de lo vivo por la cual mantiene y conserva sus propiedades de generación en generación. Capacidad de hacer seres semejantes.

RETINEX= Teoría construida por E. Land sobre la triestimularidad retiniana e inferencia del color. Su valor consiste en haber demostrado de que con tres datos de nivel de gris se puede inferir el color de la superficie.

SACADICO= ver MOVIMIENTO SACáDICO.

SENTIDO DE FOERSTER= Se denomina así a la capacidad de reconocimiento iconográfico que poseemos cuando sin usar el sistema visual utilizamos el táctil. Ejemplo: cuando escriben sobre nuestras espaldas.

SINAPSIS= Lugar donde se transmite la información de una célula a otra. Generalmente, toda transmisión sináptica es química.

SINTETICO= (del griego synthesis = composición). La síntesis se opone al análisis (separación), pues la primera tiende a unir, a asociar. En lógica se llama juicio sintético al juicio cuyo predicado añade algo al sujeto. Estos juicios estarían basados en la experiencia. (Nicanor Ursua:1982 p.252)

SISTEMA= Es un conjunto complejo compuesto de ítems interdependientes. Un sistema conceptual, por ejemplo, una teoría, está compuesto de proposiciones. Un sistema concreto (o material), por ejemplo, el cerebro, está compuesto de módulos materiales, como pueden ser moléculas o campos. Podemos caracterizar a un sistema s por su composición C(s), su medio E(s) y su estructura S(s).(Mario Bunge:1980 p.238)

S.N.C.= Masa de tejido nervioso encargado de coordinar el comportamiento del animal.

TAXONES.- Son los niveles en los cuales se subdividen los filums. Por ejemplo, el hombre tiene los siguientes taxones: Animalia, chordata, vertebrata, tetrapoda, mamalia, treria, euteria, primata antropoidea, hominoidea, hominida, homo, homo sapiens, homo sapiens sapiens.

TRANSDUCCION= Es la transformación de un tipo de energía en otra.

TRANSDUCCION= Transmisión de material genético (por lo tanto de información) de una bacteria a otra por mediación de un fago..(J. Ruffié:1976 p.408)

TROFICO= Se denominan cadenas tróficas, a aquella jerarquía alimenticia en las cuales unos seres son depredadores y a la vez objetos de depredación. Se puede hacer un esquema en el cual entren todos los phylums y que denote la forma organizada y encadenada de la distribución del alimento (energía, minerales, glucógeno, agua, etc).

VALENCIA= Se denomina valencia o electrones de valencia, cuando un átomo tiene dichos electrones desapareados, o sea, que tiene capacidad para asociarse a otro átomo del que pueda tomar o ceder electrones.

BIBLIOGRAFIA:

ABU-MOSTAFA Y.S. y Psaltis Demetri
1987 «Computadoras ópticoneuronales»
Investigación y Ciencia, vol.mayo, p.58-65. (1987)

AGUILAR M. Perez Carpinell y Soriano J.C.
1981 (a) «Luz polarizada y frecuencia critica de fusión»
Optica Pura y Aplicada, vol.14, p.49-52. (1981)

AGUILAR M. Artigas J.M. y Felipe A.
1981 (b) «Comportamiento de la ley de Talbot en visión cromática».
Optica Pura y Aplicada, vol.14, p.75-78. (1981)

AGUILAR M. Perez Carpinell J. y Soriano J.C.
1984 «Frecuencia critica de fusión de tests periódicos con frecuencia espacial superior a la de resolución visual»
Optica Pura y Aplicada, vol.17. p.245-249 (1984)

AGUILAR M. Soriano J.C., Artigas J.M., Felipe A, y Lopez R.
1985 (a) «Visibilidad de redes»
Optica Pura y Aplicada, vol.18. p.117-121. (1985)

AGUILAR M. Artigas j.M., Felipe A., Soriano J.C. y Lopez R.
1985 (b) «Influencia de la coherencia espacial de la radiacion en la vision de contrastes».
Optica Pura y Aplicada, vol.18, p.107-115. (1985)

AGUILAR M. Lopez R., Artigas J.M., Felipe A. y Soriano J.C.
1985 (c) «Visión dioptica dicromática con un entorno monocular».
Optica Pura y Aplicada, vol.18, p.203-209. (1985)

ALBERS J.
1963 *La interacción del color*
Alianza Editorial (1982) Madrid

ALLER A. J.
1987 *Espectroscopia de absorción atómica analitica*
Universidad de Leon: servicio de publicaciones (1987) Leon

ALSINA J.
1986 *Etologia, ciencia actual*
Anthropos (1986) Barcelona

ALVAREZ-CLARO M. Hita E. y Villaverde
1978 «II-Espacio de color y estructura matematica»
Optica Pura y Aplicada, vol.11, p.119-122. (1978)

ANDERSON J.R.
1983 «Argumentos acerca de las representaciones mediante la capacidad para formar imágenes mentales» en M.V.Sebastian (compilador): *lecturas de psicología de la memoria*
ed.Alianza (1983) Madrid

ed.Alianza (1983) Madrid

ARMSTRONG D.M.
1960 *La percepción y el mundo fisico*
Tecnos (1966) Madrid

ARNHEIM R.
1969 *El pensamiento visual*
Editorial Universitaria de Buenos Aires, (1971) Buenos Aires

ARNULF A.
1984 «Investigaciones recientes sobre el sistema visual»
Optica Pura y Aplicada, vol. 17 p.1-13. (1984)

BAHILL A.T. y Stark L.
1979 «Las trayectorias de los movimientos bruscos del ojo»
Investigación y Ciencia, vol.marzo, p.67-77. (1979)

BARLOW H.B.
1979 «Reconstructy the visual image in space and time»
NATURE vol.279, p.188-190. (1979)

BARTLEY S.H.
1958 *Principios de percepción*
ed.Trillas (1976) Mexico

BAUMGARDT E.
1962 *Los mecanismos de la visión*
Compañia General Fabril Editora,S.A. (1962) Buenos Aires

BAYO margalef J.
1987 *Percepción, desarrollo cognitivo y artes visuales*
ed. Anthropos, (1987) Barcelona

BERGER P. y Thomas Luckman
1968 *La construcción social de la realidad*
Amorrortu editores, (1979) Buenos Aires

BERKELEY
Ensayos de una teoria de la visión
ed. Aguilar (1965) Buenos Aires

BERNABEU E.
1984 «Las fluctuaciones cuánticas en el sistema visual»
Optica Pura y Aplicada, vol.17, p.125-131. (1984)

BLOS F.D.
1982 *Introducción a los métodos de cristalografia óptica*
Omega S A. (1982)

BOK J. y Pierre Morel
1972 *Curso de Fisica-mecanica ondas*
ed. Omega (1972) Barcelona

BOUGH E.W.
1970 «Stereoscopic visión in the macaque monkey: a behavioural demostration»
NATURE, vol.225, p.42-44. (1970)

BOWER T.G.R.
1977 «Los procesos repetitivos en el desarollo del niño»
Investigación y Ciencia, vol.enero, p.40-50. (1977)

BROADBENT D.E.
1958 *Percepción y comunicación*
ed.Debate (1958) Madrid

BROU P., Thomas R. Sciascia, Lynette Linden y Jerome Y. Lettvin
1986 «Los colores de las cosas»
Investigación y Ciencia, vol.noviembre, p.56-64. (1986)

BRUSATIN M.
1983 ''*Storia dei colori*'' Picola Biblioteca Einaudi Torino (1983)
(ed. en castellano en Paidos Estética, (1987) Barcelona

BUNGE M.
1980 *El problema mente-cerebro*
ed.Tecnos (1985) Madrid

BUNGE M.
1980 *Epistemologia*
ed. Ariel, (1981) Barcelona

BUNGE M.
1983 *Controversias en Fisica*
ed.Tecnos (1983) Madrid

BURGOS E. Moreno d. y Gutierrez Cabanas p.
1984 «Dependencias de las escalas de claridad con el tamaño y separación de los estímulos visualizados »
Optica Pura y Aplicada , vol.17 , p.251-258 . (1984)

CACHORRO V.E. Frutos A.M. y Casanova J.L.
1985 «Medida de la irradiancia solar espectral en el rango 400-1000 nm: su evolución con diversos parámetros atmosféricos »
Optica Pura y Aplicada , vol.18 , p.135-147 . (1985)

CAMPILLO IBORRA N. y Serafin Vegas Gonzalez
1976 *Sócrates y los sofistas*
Depart. de Hist. de la Fil. de la Univ. de Valencia (1976) Valencia

CAPELLE W.

1954 *Historia de la filosofia griega*
ed. Gredos (1958) Madrid

CATALAN L.A.

1980 «Conceptos de flujo e intensidad »
Optica Pura y Aplicada , vol.13 , p.7-13 . (1980)

CHAVETE J.Txomin Badiola y Dario Urzai

1981 «Luis Gordillo en el Museo de Bellas Artes de Bilbao»
Guia del Ocio:Chivato, nº 2, septiembre, p.8, (1981)

1981 «Oteiza»
Guia del Ocio: Chivato, nº 4, Octubre pag. 8, (1981)

CHAVETE J.

1981/a «Verde y Negro -una entrevista con Alfonso Gortázar»
Guia del Ocio: Chivato, nº 6 Noviembre, pag. 12, (1981)

1981/b «Vanguardias blandas»
Guia del Ocio: Chivato, nº 7, Diciembre, pag. 11, (1981)

1981/c «SSSSSSSSS.....(1)»
Guia del Ocio: Chivato, nº 8, Diciembre, pag. 11-12, (1981)

1981/d «SSSSSSSSS.....(2)»
Guia del Ocio: Chivato, nº 9, Diciembre, pag. 11-12, (1981)

1982/a «Espacio Politico y Pretensión»
Guia del Ocio: Chivato, nº 12, Febrero, pag. 12-13, (1982)

1982/b «¿A quien le puede importar lo que tu sientes?»
Guia del Ocio: Chivato, nº 13, Febrero, pag. 12-13, (1982)

1982/c «¿Cómo te lo montas en Semana Santa?»
Guia del Ocio: Chivato, nº 14, Marzo pag. 15-16, (1982)

1982/d «Antro»
Guia del Ocio: Chivato, nº 16, Abril pag. 11-12, (1982)

1982/e «Nevoj Atsitra»
Guia del Ocio: Chivato, nº 17, Mayo pag. 11-12, (1982)

1982/f «El bulo de la Creatividad»
Guia del Ocio: Chivato, nº 18, Mayo pag. 11-12, (1982)

1982/g «Werner Heisenberg»
Guia del Ocio: Chivato, nº 19, Junio, pag. 11-12, (1982)

1982/h «Fin de curso»
Guia del Ocio: Chivato, nº 20, Junio, pag. 11-12, (1982)

1982/i «Mundial 82 y otras chanflainas»
Guia del Ocio: Chivato, nº 21, Julio, pag. 10-11, (1982)

1982/j «Vacacionar»
Guia del Ocio: Chivato, nº 22, Julio, pag. 10-11, (1982)

1982/k «Quisiera ser coherente como el rayo laser (1º)»
Guia del Ocio: Chivato, nº 23, Julio, pag. 9, (1982)

1982/l «Quisiera ser coherente como el rayo laser (2º)»
Guia del Ocio: Chivato, nº 24, Agosto, pag. 14, (1982)

1982/m «C. V. A.»
Guia del Ocio: Chivato, nº 25, Septiembre, pag. 16, (1982)

1982/n «La Luna»
Guia del Ocio: Chivato, nº 26, Septiembre, pag. 16, (1982)

1982/ñ «Justificaciones»
Guia del Ocio: Chivato, nº 27, Octubre, pag. 12, (1982)

1982/o «¿Quién puede prestarme tres millones de pesetas?»
Guia del Ocio: Chivato, nº 29, Noviembre, pag. 12, (1982)

1982/p «Habitaciones dobles»
Guia del Ocio: Chivato, nº 30,Diciembre, pag.9-10, (1982)

1982/q «Una opción a la mujer»
Guia del Ocio: Chivato, nº 31,Diciembre, pag.9-10, (1982)

1982/r «Mi hijo Frank (letra para una opera Punk)»
Guia del Ocio: Chivato, nº 32, Diciembre, pag.10, (1982)

1983/a «Bitec -3000 (esquema de un viaje)»
Guia del Ocio: Chivato, nº 35, Febrero, pag.10, (1983)

1983/b «La ternura del lobo»
Guia del Ocio: Chivato, nº 36, Febrero, pag.14, (1983)

1983/c «Urkijo's»
Guia del Ocio: Chivato, nº 40, Abril, pag.14, (1983)

1983/d «Mi amiga Loly o ''letra para una segunda opera Punky''»
Guia del Ocio: Chivato, nº 42, Mayo, pag.9-10, (1983)

1983/e «Emakumeok gaur 2»
Guia del Ocio: Chivato, nº 43, Junio, pag.9, (1983)

1983/f «Incidencia social de Arteder»
Tarte, nº 0, p.20-22, (1983)

1984/a «Arco 84»
Guia del Ocio: Chivato, nº 48, Marzo, pag.23, (1984)

1984/b «Pablo Milicua»
Sintonia, nº 1, pag.12-13, (1984)

1984/c «Jesús Maria Lazcano»
Sintonia, nº 2, pag.48-49, (1984)

1986 «Cuatro modelos de Universidad y sus problemas dentro de la necesidad y demanda social», en *Las facultades de Bellas Artes de cara al futuro: Debates en mesas redondas*
Dept. de Publ. de la Excma. Diput. de Pontevedra, 4ª ponencia, (1986)

COHEN J.

1969/a *Sensación y percepción visuales*
ed.Trillas (1973) Mexico

COHEN J.
1969/b *Sensación y percepción auditiva y de los sentidos menores*
ed.Trillas (1973) Mexico

CONDILLAC
1779 *Extracto razonado del tratado de las sensaciones*
ed. Orbis S.A. (1984) Barcelona

COOPER L.A.y Roger N. Shepard
1985 «Rotación mental de los objetos»
Investigación y Ciencia, vol.febrero, p.70-77. (1985)

CORBALIS M.C. Beale I.L.
1975 «On telling left from right »
Scientific American , vol.232, p.96-104 . (1975)

CRICK F.H.C.
1979 «Reflexiones en torno al cerebro»
Investigación y Ciencia, vol.noviembre, p.164-176. (1979)

CRUZ A.
1980 «Magnitudes fotometricas y radiometricas»
Optica Pura y Aplicada , vol.13 , p.15-19 . (1980)

DAY R.H.
1969 *Psicologia de la percepción humana*
ed. Limusa (1981) Mexico

DE VALOIS R.L.
1965 «Analysis and coding of color vision in the primate visual system »
Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. , vol.30 , p.567-579 . (1965)

DE VALOIS R.L. Abramov I. y Jacobs
1966 «Analysis of response patterns of LGN cells»
Journal of the Optical Society of America , vol.56 , p.966-977 . (1966)

DE VALOIS R.L. Abramov I. and William Mead
1967 «single cell analysis of wavelength discrimination at the lateral geniculate nucleus in the macaque»
J.Neurophysiol., vol.30, p.415-433, (1967)

DEL PINO M. (traductora)
Heráclito
ed. Sarpe, (1985) Madrid

DEREGOWSKI J.B.
1975 «Pictorial percepción and culture»
Scientific American , vol.232, p.82-88 . (1975)

DICKERSON R.E.
1980 «El citocromo C y la evolución del metabolismo energético.»
Investigación y Ciencia vol.Mayo, p. 76-90 (1980)

DOURGNON J.y kowaliski P.
1963 *La reproducción de los colores*
Compañia General Fabril Editorial S.A. (1963) Buenos Aires

DYE J.L.
1977 «Aniones de metales alcalinos»
Investigación y Ciencia, vol.septiembre, p.70-80, (1977)

EINSTEIN A.
1980 *Mi visión del mundo*
ed.Tusquets cuadernos infimos (1980) Barcelona

EIZNER FAVREAU D.y Michael C.Corballis
1977 «Postefectos negativos en la percepción visual»
Investigación y Ciencia, vol.febrero, p.18-25. (1977)

EVARTS E.V.
1979 «Mecanismos cerebrales del movimiento»,
Investigación y Ciencia, vol.noviembre, p.116-127. (1979)

FARRINGTON B.
1969 *Ciencia y filosofia en la Antigüedad*
ed. Ariel (1983) Barcelona

FERRATER MORA J.
1979 *Diccionario de Filosofia*
ed. Alianza (1984) Madrid

FINKE R.A.
1986 «Imagenes mentales y sistema visual»
Investigación y Ciencia vol.mayo, p.66-73. (1986)

FODOR J.A.
1981/a «El problema cuerpo-mente»
Investigación y Ciencia, vol.marzo, p.62-75. (1981)

FODOR J.A.y Pylyshyn Z.W
1981/b «¿En qué medida es directa la percepción visual?: reflexiones sobre el ''enfoque ecológico'' de Gibson», en José E. Garcia-Albea (coordinador): *Percepción y Computación*
ed.Pirámide (1986) Madrid

FORGUS R.H.
1966 *Percepción (proceso básico en el desarrollo cognoscitivo)*
ed.Trillas (1972) Mexico

GARCIA BACCA J.D.
1967 *Elementos de Filosofia de las Ciencias*
Manuales Universitarios(Universidad Central de Venezuela) (1967) Caracas

GARCIA BACCA J.D.
1983 *Antropología y ciencia contemporáneas*
ed. Anthropos (1983) Barcelona

GARCIA BACCA J.D.
1984 *Tres ejercicios literario-filosóficos de antropología*
ed. Anthropos (1984) Barcelona

GARCIA BACCA J.D.
1985 *Necesidad y Azar*
ed. Anthropos (1985) Barcelona

GARCIA BACCA J.D.
1987 *Elogio de la Técnica*
ed.Anthropos (1987) Barcelona

GELDARD F.A. y Carl E. Sherrick
1986 «Percepción del espacio y el tiempo por el sentido del tacto»
Investigación y Ciencia, vol.septiembre, p.64-78. (1986)

GERRITSEN F.
1976 *Color*
ed. Blume (1976) Barcelona

GESCHWIND Norman
1972 «Language and the brain»
Scientific American p.76-83 (1972)

GESCHWIND N.
1979 «Especializaciones del cerebro humano»,
Investigación y Ciencia, vol.noviembre, p.128-139. (1979)

GHOSH P.K.
1983 *Introduction to photoelectron spectroscopy*
ed. John Wiley & sons (1983) New York

GIBSON J.J.
1950 *La percepción del mundo visual*
eds.Infinito (1974) Buenos Aires

GIBSON J.J.
1979 «La teoria de la extracción de información y sus consecuencias» en José E. Garcia-Albea (coordinador): *Percepción y Computación*
ed.Pirámide (1986) Madrid

GILCHRIST A.L.
1977 «Perceived lightness depends on perceived spatial arrangement »
SCIENCE , vol.195 , p.185-187 . (1977)

GILCHRIST A.L.
1979 «La percepción de los blancos y negros de las superficies»,
Investigación y ciencia, vol.mayo, p. 58-70. (1979)

GILLAM B.
1980 «Ilusiones geométricas»,
Investigación y Ciencia, vol.marzo, p.74-82. (1980)

GLASS L.
1969 «Moiré effect fron random dots»
NATURE, vol.223, p.578-580. (1969)

GLASS L. Rafael Perez
1973 «Alteration of visual cortex from envion mental asymetries »
NATURE , vol.246 , p.359-362 . (1973)

GLICKSTEIN M. yAlan R.Gibson
1977 «células visuales en el puente cerebral»
Investigación y Ciencia, vol.enero, p.78-86, (1977)

GOGEL W.C.
1978 «El principio de adyacencia en la percepción visual»
Investigación y Ciencia, vol.julio, p.66-74. (1978)

GOURAS P.
1968 «Identification of cone mechanisms in monkey ganglion cells »
Journal Physiol. , vol.199 , p.533-547 . (1968)

GREGORY R.L.
1970 *The intelligent eye*
McGraw-Hill Book Company (1970) London

GUILLAUME P.
1976 *Psicologia de la forma*
ed. Psique (1976) Buenos Aires

GUIRAO Miguelina
1980 *Los sentidos bases de la percepción*
Alhambra Universidad (1980) Madrid

GURWITSCH ARON
1962 *El campo de la conciencia*
Alianza Universidad (1979) Madrid

HALL E. T.
1973 *La dimensión oculta*
Instituto de estudios de administración local-Nuevo Urbanismo (1973) Madrid

HALL E.T.
1976 *Mas allá de la cultura*
Gustavo Gili s.a. (1978) Barcelona

HARMON D. Bela Julesz
1973 «Masking in visual recognition: effects of two-dimensional filtered noise»
SCIENCE , vol.180 , p.1194-1196, (1973)

HARRIS M.
1971 *Introducción a la antropologia general*
Alianza Universidad textos (1983) Madrid

HEISSENBERG W.
1955 *La imagen de la naturaleza en la fisica actual*
ed. Ariel (1976) Barcelona

HEISSENBERG W.
1977 *Encuentros y conversaciones con Einstein y otros ensayos*
ed. Alianza (1980) Madrid

HELSON H.
1938 «Fundamental problems in color visión.I. The principle governing changes in hue, saturation, and lighthess of non-selective samples in chromatic illumination»
Journal of experimental Psychology, vol. 23, p.439-476 (1938)

HESSEN J.
1938 *Teoria del conocimiento*
ed.Losada (1980) Buenos Aires

HITA E. Alvarez-Claro M., Pardo G. y Jimenez E.
1976 «Influencias del metamerismo y tipo de fusión deprimarios en los umbrales de diferenciales de color »
Optica Pura y Aplicada , vol.9 , p.53-60 . (1976)

HITA E. y Romero J.
1981 «Análisis de la influencia de las condiciones de observación en los procesos de discriminación en color »
Optica Pura y Aplicada , vol.14 , p.11-17 . (1981)

HITA E. ,Jimenez del Barco L., Romero J. y Cabrerizo M.
1984 «Evolución de la agudeza estereoscópica en función del tiempo de observación »
Optica Pura y Aplicada , vol.17 , p.65-75 . (1984)

HOFFMAN D.D.
1984 «Interpretación de las iluciones ópticas», Investigación y Ciencia, vol.febrero, p.92-99. (1984)

HOLLOWAY G.E.T.
1969 *Concepción del espacio en el niño según Piaget*
ed. Paidos (1969) Buenos Aires

HORRIDGE G.A.
1977 «El ojo compuesto de los insectos», Investigación y Ciencia, vol.septiembre, p.82-95. (1977)

HUBEL D.H. y Wiesel T.N.
1970 «Cells sensitive to binocular depth in area 18 of the macaque monkey cortex »
NATURE , vol.225 , p.41-42 . (1970)

HUBEL D.H.
1979/a «El cerebro»
Investigación y Ciencia, vol.noviembre, p,8-21. (1979)

HUBEL D.H. y Torsten N. Wiesel
1979/b «Mecanismos cerebrales de la visión», Investigación y Ciencia, vol.noviembre, p.100-115. (1979)

HUDSPETH A.J.
1983 «Células ciliadas del oído interno» Investigación y Ciencia,» vol.marzo, p.30-41. (1983)

HUME D.
1776 *Tratado de la naturaleza humana*
ed. Orbis (1981) Barcelona

HURVICH L.M. and Dorothea Jameson
1953 «Spectral Sensitivity of the Fovea. I. Neutral Adaptation»
Journal of the optical society of America, vol 43, nº6, p.485-494, 1953

IVERSEN L.L.
1979 «Quimica del cerebro», Investigación y Ciencia, vol.noviembre, p.86-99. (1979)

JACOB F.
1981 *El juego de lo posible*
eds.Grijalbo (1982) Barcelona

JAMES W.
1907 *Pragmatismo*
ed. Orbis S.A. (1984) Barcelona

JAYARAMAN A.
1984 «Celdilla de yunques de diamante para producir altas presiones» Investigación y Ciencia, vol. Junio, p.32-41, (1984)

JOHANSSON G.
1975 «Visual motion perception»
Scientific American , vol.232, p.76-88 . (1975)

JUDD D.B.
1960 «Appraisal of Land's Work on Two-Primary Color Projections»
Journal of the optical society of America, vol. 50, nº 3, p.254-268, 1960

JULESZ B.
1975 «Experiments in the visual perception of texture»
Scientific American , vol.232, p.34-43. (1975)

JUNGMAN D. y Lozano R.D.
1985 a «La evaluación psicofisica de brillo: I Prueba y elección del metodo »
Optica Pura y Aplicada , vol.18 , p.33-41 . (1985)

JUNGMAN D. y Lozano R.D.
1985 b «La evaluación psicofisica de brillo: II Muestras de papel »
Optica Pura y Aplicada , vol.18 , p.43-47. (1985)

JUNGMAN D. y Lozano R.D.
1986 c «La evaluación psicofisica de brillo: III Muestras pintadas »
Optica Pura y Aplicada , vol.19 , p.113-118 . (1986)

KANDEL E.R.
1979 «Microsistemas de neuronas»
Investigación y Ciencia, vol.noviembre, p.36-53. (1979)

KANIZSA G.
1980 *Gramática de la visión*
ed.Paidos (1986) Barcelona

KENNEDY H. y Colette Dehay
1987 «El desarrollo del cerebro»,
Mundo Cientifico, vol.marzo, p.256-264. (1987)

KEOSIAN J.
1964 *El origen de la vida*
ed.Alhambra (1968) Madrid

KETY S.S.
1979 «Enfermedades cerebrales»
Investigación y Ciencia, vol.noviembre, p.140-149. (1979)

KIDD A.L. Frisby J.P. y Mayhew J.E.W.
1979 «Texture contours can facilitate stereopsis by initiating vergence eye movements»
NATURE , vol.280 , p.829-832 . (1979)

KIRK G.S. y J.E.Raven
1966 *Los filósofos presocráticos*
ed. Gredos (1970) Madrid

KOFFKA K.
1935 *Principios de psicologia de la forma*
ed.paidos (1973) Buenos Aires

KOSSLYN S.M. y Pomerantz J.R.
1974 «Imágenes, proposiciones y la forma de las representaciones internas», en José E. García-Albea (coordinador): *Percepción y Computación*
ed. Pirámide (1986) Madrid

KOSSYLYN S.W.
1985 «Capacidad mental para formar imágenes mentales» en Robert J. Stemberg (coordinador): *Las capacidades humanas.*
ed. Labor Universitaria 1988

KUHN T.S.
1962 *La estructura de las revoluciones cientificas*
Fondo de Cultura Económica, (1981) Madrid

KÜPPERS H.
1979 *Atlas de los colores*
ed. Blume (1979) Barcelona

KüPPERS H.
1980 *Fundamentos de la teoria de los colores*
ed.Gustavo Gili (1980) Barcelona

LAND E.H.
1978 «La teoria retinex de la visión del color,»
Investigación y Ciencia, vol.febrero, p.64-81. (1978)

LAND M.F.
1979 «Ojos animales donde la imagen se forma mediante espejos,»
Investigación y Ciencia, vol.febrero, p.56-67. (1979)

LASSEN N.A. yDavid H.Ingrar y Erik Skinhøj
1978 «Función cerebral y flujo sanguíneo»
Investigación y Ciencia, vol.diciembre, p.18-30, (1978)

LEVICK W.R.
1975 «Form and function of cat retinal ganglion cells »
NATURE , vol.254 , p.659-662 . (1975)

LEVINE J.S. y Edward F. MacNichol Jr.
1982 «Visión de los colores en los peces»
Investigación y Ciencia, vol.abril, p.84-94. (1982)

LIVINGSTONE M.S.
1988 «Arte, ilusión y sistema visual»
Investigación y Ciencia, vol. Marzo, p. 64-74, (1988)

LOCKE J.
Ensayo sobre el entendimiento humano
ed. Sarpe (1984) Madrid

LOSADA M.
1977 «Los distintos tipos de fotosintesis y su regulación»
Investigación y Ciencia vol.abril, p. 6-20 (1977)

LOZANO R.D.
1979 «Diferencias de color»
Investigación y Ciencia, vol.diciembre, p.8-14. (1979)

LOZANO R.D. y Jungman
1985/86 «La evaluación psicofisica del brillo: I (prueba y elección del método), II (muetras de papel) y III (muestras pintadas) »
Optica Pura y Aplicada , vol.18 y 19 , p.ver Jungman . (1985/86)

LUCKMANN T. y Peter Berger
1968 *La construcción social de la realidad*
Amorrortu eds. (1979) Buenos Aires

LUKáS G.
1963 *Estética*
Grijalbo: Instrumentos 18, (1965) Barcelona

LURIA A.R.
1972 *El hombre con su mundo destrozado*
Granica editor (1973) Buenos Aires

LURIA A.R.
1969/a *Las funciones corticales superiores del hombre I: Las funciones psiquicas superiores y su organización cerebral*
ed.Fontanella (1983) Barcelona

LURIA A.R.
1969/b *Las funciones corticales superiores del hombre II: Alteraciones de las funciones corticales superiores por lesión cerebral*
ed. Fontanella (1983) Barcelona

LURIA A.R.
1969/c *Las funciones corticales superiores del hombre III: Exploración de las funciones corticales superiores*
ed Fontanella (1984) Barcelona

LURIA A.R.
1975 *Las sensaciones*
ed. Fontanella (1978) Barcelona.

LYNN A.C. y Roger N. Shepard
1985 «Rotación mental de los objetos»
Investigación y Ciencia, vol. febrero, p.70-78, (1985)

MACCANN J.J.
1972 «Rod-cone interactions: Different color sensations from identical stimuli »
SCIENCE , vol.176 , p.1255-1257 . (1972)

MARR D. y Poggio T.
1976 «Cooperative computation of stereo dispatity»
SCIENCE, vol.194, p.183-287. (1976)

MARR D.
1980 «Procesamiento de la información visual: estructura y creación de las representaiones visuales » en José E.Garcia-Albea (coordinador): *Percepción y computación*
ed.Pirámide (1986) Madrid

MARR D.
1982 *La visión* ,
Alianza Psicología (1985) Madrid

MARTIN J.
1974 *Fundamentos del color*
Asociación de Investigación de la Industria Gráfica (1974) Bilbao

MARX M.H. y W.A.Hillix
1973 *El lugar de la psicologia en la ciencia*
Paidós (1973) Buenos Aires

MASLAND R.H.
1987 «Arquitectura funcional de la retina»
Investigación y ciencia , vol.de Febrero , p.56-66 . (1987)

MATURANA H.R. y Frenk S.
1961 «Directional movement and horizontal edge detectors in the pigeon retina »
SCIENCE , vol.142 , p.977-979 . (1963)

MAYHEW J.E.W. y Frisby J.P.
1976 «Rivalrous texture stereograms»
NATURE, vol.264 , p.52-56 . (1976)

MAYHEW J.E.W. y Frisby J.P.
1978 «Texture discrimination and Fourier analysis in human visión »
NATURE , vol.275 , p.438-439 . (1978)

MERLEAU-PONTY M.
1945 *Fenomenologia de la percepción*
eds.Peninsula (1975) Barcelona

METELLI F.
1974 «The perception of transparency »
Scientific American, vol. 230, p. 91-98. (1974)

MILLER K.R.
1979 «La membrana fotosintética.»
Investigación y Ciencia vol.Diciembre, p. 62-76 (1979)

MOLES A. y Elisaberh Rohmer
1972 *Psicologia del espacio*
ed. Ricardo Aguilera (1972) Madrid

MOLES A.
1972 *Teoria de la información y Percepción Estética*
ed. Jucar (1976) Madrid

MOLES A.
1974 *Teoria de los objetos*
ed. Gustavo Gili (1974) Barcelona

MONOD J.
1970 *El azar y la Necesidad*
Tusquets, (1982) Barcelona

MORRISON J.H.
1968 *Orgánulos funcionales*
ed. Alhambra (1968) Madrid

MOSTERIN J.
1984 *Conceptos y teorias en ciencia*
ed. Alianza Universidad (1984) Madrid

MOSTERIN J.
1985 *Historia de la Filosofia*
ed. Alianza (1985) Madrid

NAGEL Ernest
1954 *Simbolismo y Ciencia*
Ed. Nueva Visión (1972) Buenos Aires

NAGEL Ernest
1961 *La estructura de la Ciencia*
Paidós Studio (1981) Barcelona

NASSAU K.
1980 «Las causas del color»
Investigación y Ciencia, vol.diciembre, p.56-72. (1980)

NATHANSON J.A. y Paul Grengard
1977 «''Segundos mensajeros'' en el cerebro»
Investigación y Ciencia, vol.octubre, p.82-95, (1977)

NAUTA W.J.H. y Michael Feirtag
1979 «Organización del cerebro»,
Investigación y Ciencia, vol.noviembre, p.54-71. (1979)

NESTLE W.
1981 *Historia del espiritu griego*
ed. Ariel, (1981) Barcelona

NEWMAN E.A. y Peter H. Hartline
1982 «La ''visión'' infrarroja de las serpientes»
Investigación y Ciencia, vol.mayo, p.88-98. (1982)

NORMAN D.A.
1982 *El aprendizage y la memoria*
Alianza Psicología (1985) Madrid

NOTON D. y Stark
1974 «Eye movements and visual perceptión»
Scientific American , vol.230, p. 35-43. (1974)

NOTON D. yStark
1971 «Scanpaths in eye movements during pattern perception»
Science, vol.171, p.308-311, (1971)

NOVACK George
1965 *Los origenes del Materialismo*
ed.Pluma, (1975) B.Aires

ODUM H.T.
1971 *Ambiente, energia y sociedad*
Ed. Blume (1980) Barcelona

OLTON D.S.
1977 «Memoria espacial»
Investigación y Ciencia, vol.agosto, p.70-81. (1977)

PARKER D.E.
1981 «El aparato vestibular»
Investigación y Ciencia, vol.enero, p.62-75. (1981)

PEARSON D.E.C. B. Rubinstein and G. J. Spivack
1968 «Comparison of Perceived Color in Two-Primary Computer-Generated Artificial Images with Predictions Based on the Helson-Judd Formulation»
Journal of the Optical Society of America, vol. 59, nº 5, pag.644-658, (1969)

PETRIANOV I.V. y Trifonov D.N.
1976 *La magna ley*
ed. Mir (1981) Moscu

PETTIGREW J.D.
1972 «The neurophysiology of binocular visión»
Scientific American , vol.agosto, p.84-95, (1972)

PETTIGREW J.D. Masakazu Konishi
1976 «Neurons selective for orientation and binocular disparity in the visual wulst of the barn owl (tyto alba) »
SCIENCE , vol.193 , p.675-677 . (1979)

PHILLIS F.C.
1978 *Introducción a la cristalografia*
ed. Paraninfo (1978) Madrid

PIAGET J. y Fraisse P.
1967 *La percepción*
ed. Paidos (1979) Buenos Aires

PIKIN S. y Blinov L.
1982 *Cristales liquidos*
ed.Mir (1982) Moscu

PLAZA L.
1984 «Modelo actual para el receptor de energía radiante; sistema visual humano»
Optica Pura y Aplicada , vol.17, p.129-132 . (1984)

POGGIO T.
1984 «La visión por humanos y máquinas»
Investigación y Ciencia, vol.junio, p.60-73. (1984)

POGGIO T. yChistof Koch
1987 «Sinapsis que computan el movimiento»
Invetigación y Ciencia, vol.Julio, p.28-40, (1987)

PONS A. y Corrons A.
1977 «La colorimetria y los materiales fluorescentes »
Optica Pura y Aplicada , vol.10 , p.1-6 . (1977)

POPPER K.P.
1974 *Búsqueda sin término*
Ed. Tecnos (1985) Madrid

POPPER K.R. y Eccles J.C.
1977 *El yo y su cerebro*
ed. Labor (1982) Barcelona

PRAT R.
1969 *La óptica*
ed. Martinez Roca (1969) Barcelona

PURCELL K.F. Y John C. Kotz
1979 *Quimica Inorgánica*
ed. Reverté (1979) Barcelona

PYLYSHYN Z.W.
1973 «Que le dice el ojo de la mente al cerebro de la mente: Critica de las imágenes mentales», en José E. Garcia- Albea (coordinador): *Percepción y Computación*», ed. Pirámide (1986) Madrid

PYLYSHYN Z.W.
1978 «Imágenes e inteligencia artificial» en José E. Garcia- Albea (coordinador): *Percepción y Computación*
ed.Pirámide (1986) Madrid

PYLYSHYN Z.W. y Fodor J.A.
1981 «¿En qué medida es directa la percepción visual?: reflexiones sobre el ''enfoque ecológico'' de Gibson», en José E. Garcia-Albea (coordinador): *Percepción y Computación*
ed.Pirámide (1986) Madrid

PYLYSHYN Z.W.
1983 «La naturaleza simbólica de las representaciones mentales»,en M.V. Sebastian (compilador): *Lecturas de psicologia de la memoria*,
ed.Alianza, (1983) Madrid

RAMACHANDRAN V.S. y Gregory R.L.
1978 «Does collour provide an imput to human motion perception?»
NATURE, vol.275 , p.49-50 . (1978)

RAMACHANDRAN V.S. y Stuart M. Anstis
1986 «Percepción del movimiento aparente»,
Investigación y Ciencia, vol.agosto, p.78-86. (1986)

RAMACHANDRAN V.S.
1988 «Percepción de la forma a partir del sombreado»
Investigación y Ciencia, vol. octubre, p.68-78, (1988) RAD C.N.

RATLIFF F.
1978 «Contour and contrast»
Scientific American , vol.x, p.91-101, (1978)

RAUTTENBERG A.
1979 «El sistema de recompensa del cerebro»
Investigación y Ciencia, vol.enero, p.76-84. (1979)

REDONDO R.
1986 «Percepción proyectiva y conocimiento humano»
ZIENTZIARTEKOA, vol.I núm. 2 ,pag. 3-34 ,,(1986)

ROCK I.
1981 «Percepción anortoscópica»
Investigación y Ciencia, vol.mayo, p.86-96. (1981)

ROJO M.
1982 *La Asimetria Cerebral y la Experiencia Psicológica y Patológica del Tiempo*
editorial sin especificar (1984) Valencia

ROMERO J.Hita E., Jimenez del Barco L. y Cruz A.
1986 «Influencias de parámetros temporales en la discriminación cromática por comparación sucesiva de estímulos »
Optica Pura y Aplicada , vol.19 , p.77-83 . (1983)

RUFFIE J.
1976 *De la biologia a la cultura*
ed. Muchnik (1982) Barcelona

RUSSELL B.
1970 *Los problemas de la Filosofia*
Ed. Labor (1978) Barcelona

SACKS O.
1986 «cuentos clínicos»
el paseante, nº 4 Otoño, p.24-36, (1986)

SACKS O.Y Robert Wasserman
1987 «El caso del pintor ciego a los colores»
el paseante, ¿? p.33-44 (1987)

SANMARTIN J.
1987 *Los nuevos redentores*
ed.Anthropos, (1987) Barcelona

SANTAMARIA J.Plaza A. y Bescos J.
1984 «Dinamic recording of the binocularpoint spread functon of the eye optical system»
Optica Pura y Aplicada , vol.17 , p.57-63 . (1984)

SCHNAPF J.L.y Denis A.Baylor
1987 «Respuesta de los fotorreceptores a la luz»
Investigación y Ciencia, vol.junio p.20-28. (1987)

SCHRöDINGER E.
1944 *¿Qué es la vida?*
Tusquets eds. (1983) Barcelona

SCHRöDINGER E.
1958 *Mente y materia*
Tusquets eds. (1983) Barcelona

SCHUTZ A. y Thomas Luckmann
1973 *Las estructuras del mundo de la vida*
Amorrortu eds. (1977) Buenos Aires

SEARLE J.
1984 *Mentes, Cerebros y Ciencia*
Cátedra (1985) Madrid

SEKULER R. y Eugene Levinson
1977 «La percepción de objetos en movimiento»
Investigación y Ciencia, vol.marzo, p.44-54. (1977)

SHEPARD R.N.
1971 «Mental rotation of three-dimensionnal objects »
SCIENCE , vol.171 , p.701-703 . (1971)

SMIRNOV V.I.
1976 *Geologia de yacimientos minerales*
ed. Mir (1982) Moscu

SMITH C.U.M.
1970 *El cerebro*
Alianza ed. (1972) Madrid

SOKOLOV E.N. ,Zinachev M.M.,Izmáilov Ch.A.,Brunestsov N.P.,Máslov S.P. y Ramil Alvarez
1985 «Diagnostico automático de la visión de colores», en materiales publicados en la revista Psijologicheski zhurnal: *La ciencia psicologica sovietica*
ed. Nauka (1985) Moscu

SOMMER R.
1969 *Espacio y Comportamiento Individual*
Instituto de estudios de administración local:Nuevo Urbanismo (1974) Madrid

STEVENS CH.F.
1979 «La neurona»
Investigación y Ciencia, vol.noviembre, p.8-21. (1979)

STROMEYER III CH.F.
1974 «Form-specific colour after effects in scotopic illuminaton»
NATURE , vol.250 , p.266-268 . (1974)

STRYER L.
1987 «Moleculas de excitación visual»
Investigación y Ciencia vol.Septiembre p. 18-28. (1987)

SUTHERLAND N.S.
1979 «The representation of three-dimensionnal objets »
NATURE , vol.278 , p.395-398 . (1979)

TANK D.W. yJohn J.Hopfield
1988 «Computación conjunta en circuitos neuromorfos»
Investigación y ciencia, vol. febrero, p. 44-54, (1988)

TARÁSOV L. y Tarásova A.
1972 *Preguntas y problemas de Fisica*
ed. Mir (1972) Moscu

TARÁSOV L. y Tarásova A.
1982 *Charlas sobre la refracción de la luz*
ed. Mir (1985) Moscu

TREISMAN A.
1987 «Características y objetos del procesamiento visual»,
Investigación y Ciencia, vol.enero, p.68-78. (1987)

TYLER C.W.
1973 «Stereoscopic vision: cortical limitations and dispaarity scaling effect »
SCIENCE , vol.181 , p.951-952 . (1975)

TYNAN P. y Sekuler R.
1975 «Moving visual phantons: a new contour completion effect »
SCIENCE , vol.188 , p.951-952 . (1973)

URSUA N. y Mardones J.M.
1982 *Filosofia de las ciencias humanas y sociales*
ed. Fontamara (1983) Barcelona

URSUA N.
1986 «Perspectiva e Implicación de una Teoría Evolucionista del Conocimiento /Epistemología Evolucionista»
Theoria, año II, nº 5-6, pag. 461-502, (1986)

URSUA N.
1988 «Eistemología Evolucionista y ''Realismo Hipotético''»
Anthropos nº 82-83, pag. 74-79, (1988)

WALKER J.
1979 «Experimentos con el método de Edwin Land para obtener color a partir del blanco y negro»
Investigación y Ciencia, vol.agosto, p.122-128. (1979)

WALKER J.
1981 «Fosfeno: falsa sensación luminosa producida por un estímulo mecánico del globo ocular»
Investigación y Ciencia, vol.julio, p.134-139. (1981)

WALKER J.
1984 «Zumbidos que detienen un objeto en rotación y formación de arcos azules en torno a una luz»
Investigación y Ciencia, vol.abril, p.104-109. (1984)

WALKER J.
1985 «Fantasmas y fenómenos asociados a nuestras postimágenes positivas»
Investigación y Ciencia, vol.abril, p.90-94. (1985)

WALLACH H.
1985 «Percepción de un entorno estable»,
Investigacón y Ciencia, vol.julio, p.68-74. (1985)

WASSLE H. Peichl L. y Boycott B.B.
1981 «Dendritic territories of cat retinal ganglion cells »
NATURE , vol.292 , p.345-346 . (1981)

WHITEHEAD A.N.
1964 *El Concepto de Naturaleza*
E. Gredos (1968) Madrid

WICKLER W.
1968 *El mimetismo en las plantas y en los animales*
Eds. Guadarrama (1968) Madrid

WIENER N. y J.P.Schadé (compiladores)
1969 *Sobre modelos de los nervios el cerebro y la memoria*
Ed. Tecnos 1969 Madrid

WIESEL T.N. Hubel D.H.
1970 «Cells sensitive to binocular depth in area 18 of de macaque monkey cortex »
NATURE , vol.225 , p.41-42 . (1970)

WITTGENSTEIN L.
1977 *Remarke sur les couleurs*
Trans-Europ-Repress (1984) Mauvezin

WOLFE J.M.
1983 «Procesos visuales ocultos»
Investigación y Ciencia, vol.abril, p.52-61. (1983)

WURTZ R.H.,Michael E.Golberg y David Lee Robinson
1982 «Mecanismos cerebrales de la atenciión visual»
Investigación y Ciencia, vol.agosto, p.84-92. (1982)

YOUVAN D.C. y Barry L. Marrs
1987 «Mecanismo molecular de la fotosintesis»
Investigación y Ciencia vol.Agosto p. 34-44. (1987)

ZEKY S.M.
1978 «Functional specialisation in the visual cortex of the rhesus monkey »
NATURE , vol.274 , p.423-428 . (1978)