

MORFOLOGIA DEL ESPERMATOZOIDE *

DR. DANIEL NIETO ROARO

MUCHO TIEMPO ha pasado desde que los investigadores, curiosos observadores del mundo microscópico, descubrieron las gametas. Mucho se ha estudiado su estructura y aún es, este tema, un constante motivo de frecuentes revisiones, de revaloraciones de interpretación, de acomodo a las nuevas ideas o conceptos de la reproducción sexual y asexual, de ajuste y valor exacto de su lugar e importancia en los ciclos haplo-diplo-bióticos de los seres vivos. Y como coronación de todas estas investigaciones vamos descorriendo el velo que ha escondido por tantos años y aun siglos la verdadera estructura de estos corpúsculos tan infinitamente pequeños y complicados. Estas células, que son el origen de todos los seres vivos, parece que han guardado celosamente por tanto tiempo "su secreto", como temerosas de que el hombre de ciencia descubra todo lo que hay en ellas de importante y eterno.

No pensemos que el descubrimiento de las gametas, solucionó de manera rápida y definitiva todos los problemas que atañen a este episodio tan fundamental en la vida del hombre y de todos los seres vivos como es la reproducción sexual. El concepto total y perfecto (así lo creemos cuando menos) de los ciclos y alternancia de generaciones tal como hoy lo conocemos fue una prueba muy dura que salvar y pasaron para ello muchos años. Los hombres de todas las épocas están siempre embebidos en esa masa viscosa y retardataria que constituyen: las ideas preconcebidas sin una eficiente comprobación, de filosofías extrañas aún a la ciencia misma, de pasiones imposibles de desarraigar, de inteligencias llenas de soberbia que se creen siempre dueños de la verdad, de "su verdad". Con cuánto cariño recordamos a Rogerio Bacon al lanzarse valerosamente contra estos desatinos.

Todos, hasta los más profanos conocemos el nombre de Aristóteles y automáticamente nuestra memoria lo asocia con una filosofía del alma que por siglos

* Leído en la sesión del 1° de junio de 1960.

dominó a los intelectos, y si no que nos lo recuerden los escolásticos de la Edad Media. Sin embargo, pocos saben que Aristóteles fue un insigne biólogo, autor de la primera Anatomía que el hombre conoció. Pocos saben que Aristóteles descubrió la respiración en los peces y que estudió con exactitud su vida. El biólogo moderno Agaziz nos dice que nada hay que agregar ni quitar a lo observado por el gran pensador griego. Con cuanta razón el famoso Rafael lo pintó en su "Escuela de Atenas" señalando al suelo, en contraposición a Platón que señala al cielo. Las ideas sobre el alma, de Aristóteles, hoy son desdeñadas por los filósofos, pero sus trabajos de anatomía, fisiología y botánica nos parecen aún grandiosos. Aristóteles no conoció el microscopio, debían pasar 1900 años para que Hans y Zacharias Janssen nos lo enseñaran en Middelburg (Holanda), pero sus ideas sobre la fecundación, aunque hoy nos parezcan primitivas, tuvieron el valor cuando menos de oponerse al concepto religioso de su tiempo (y de otros tiempos) que los nuevos individuos se formaban por consentimiento, con la intervención y a veces hasta con la colaboración de los dioses (recuérdese a Leda y el Cisne, a Danae y el Pollo de Oro, a Europa y el Becerro).

Por no conocer las gametas fue el fundador de la teoría epigenética. Esto estribaba en reconocer que siempre existe "una parte antes que otra". El sexo decía: es universal (hoy, 2300 años después de este gran sabio, seguimos creyendo que el sexo es universal). El principio generador de los seres vivos, está separado en dos sexos. Es un principio doble. (Y no otra cosa sabemos hoy sobre la duplicidad de la cromatina en las células diplontes, y la simplicidad en las gametas: haplontes.) El creía que esta duplicidad contrarrestaba el hecho de que todos somos mortales. Ya conocía que la relación del feto con la madre por el cordón umbilical: "es un principio nutritivo". Creía que la unión del semen con la sangre menstrual producía un coágulo y que éste se transformaba en feto.

Por la misma época (3000 años A. J.). Herófilo descubrió el ovario, al que llamó testículo femenino, lo que nos demuestra hasta qué grado estaban los conocimientos de la época. Sin embargo, la teoría epigenética de Aristóteles prevaleció por siglos como la única posible o aceptable. Así podemos citar a Galeno (130 a 210 D. J.) que la aceptaba sin discusión y, en pleno Renacimiento, a Harvey (1651) asegurándose "que no hay otra explicación mejor que la de Aristóteles sobre la gestación (y han pasado 1950 años).

En el siglo XVII se descubren las gametas: Regnerus de Graaf en 1672 descubre el folículo que hasta la fecha lleva su nombre y por primera vez emite sus dudas sobre la "Teoría Epigenética". Además pinchando ligeramente uno de esos folículos maduros obtuvo en un vidrio de reloj un líquido (el licor folicular) en donde había un pequeño punto (el óvulo, que es una célula gigante) y descubrió también la gameta femenina. Claro está que no había, mucho menos entonces, el concepto de célula y de Graaf no supo la trascendencia de su propio descubrimiento. Pero ya fue mucho para una época en que con otros colegas

como Newton, Boyle, Robert Hooke y otros pocos fundaban la *Sociedad de los Invisibles*, pues en aquellos tiempos "de libertad" les podía costar la cabeza estar descubriendo gametas, o dudar de las propiedades antitóxicas del cuerno del unicornio.

En 1675 Antoni van Leuwenhoek y Luis Hamm, su discípulo, descubrieron el espermatozoide y esto contribuyó, más que antes, a despertar las sospechas sobre la teoría epigenética y más cuando el insigne Marcelo Malpighi siguió paso a paso, por primera vez, el desarrollo del embrión de pollo.

El retardo de las ideas sobre la Teoría Celular, base de la biología moderna, favoreció la divulgación de ideas absurdas. De la teoría epigenética se pasó a algo tan malo como ella. Así nacieron los animalculistas. Estos se dividían en dos campos: Aquellos que aseguraban que el espermatozoide tenía dentro de sí mismo un pequeño hombreillo (los homunculistas), y que éste a su vez tenía sus propios espermatozoides y en ellos había otro homunculus más pequeño todavía y así la humanidad entera había estado "enchufada" desde el principio de la creación. Y por el otro lado estaban los ovulistas, que pretendían que el hombreillo no estaba en el espermatozoide, sino en el óvulo. En el primer caso (homunculistas) el nuevo individuo se desarrollaba a espensas de la esperma y la cavidad uterina servía únicamente como un receptáculo o estufa donde crecía el feto. En el segundo caso (ovulistas) el individuo se desarrollaría sólo del óvulo y el esperma sólo hacía el papel de excitador.

Fue el grandioso Lázaro Spallanzani, primer enemigo de los partidarios de la "Generación Espontánea", quien solucionara el problema (1728-1788). En efecto, este gran biólogo italiano descubrió la fecundación al estudiar los erizos de mar. Spallanzani acabó con los animalculistas.

Fue necesario sin embargo, que Schleiden y Schwann fundaran la teoría celular, fue necesario que Lamarck, Saint Hilaire y Darwin revolucionaran el mundo biológico con sus ideas transformistas, fue necesario que Prevost y Dumas filtraran la esperma para demostrar el papel del espermatozoide (pues los hombres siempre creen que lo que se refiere al hombre es distinto a otros animales y la fecundación vista por Spallanzani no los convencía de lo que pasara en el hombre), fue necesario que von Baer emitiera el concepto de gameta y con ello se estableciera el conocimiento de los ciclos haplo-diplo-bióticos, fue necesario que Barry y Schwann vieran la fecundación en el conejo (por primera vez en los mamíferos), fue igualmente necesario que Kölliker emitiera el concepto de diferenciación celular, se necesitó que Pasteur destruyera definitivamente la idea de la "Generación Espontánea", y que Virchow emitiera su "omnia cellula est cellula" y fue necesario por último, que Müller, basado en las ideas evolucionistas de Darwin, emitiera su opinión sobre la evolución de las capas blastodérmicas. Y después de toda esta lucha, después del amontonamiento de tantas y tantas experiencias, el biólogo moderno está convencido de que los seres vivos tienen una reproducción sexual, que el hombre a pesar de todas las

ideas y filosofías exclusivistas tiene también su reproducción sexual en la cual no difiere en nada de las de los animales domésticos o de las más humildes de las garrapatas. Y que esta reproducción sexual se hace por la unión de dos células diferenciadas, las gametas, que tienen su núcleo haploide y que mediante su unión se vuelven a la condición diplonte, para seguir el curso de una fiplofase. Y esto se hace igual en el hombre, en cualquier animal o en cualquier planta. Que otra cosa hubiera sucedido si desde un principio hubieran seguido el principio de Bacon: "Nada hay que creer, que no esté sujeto a la observación y a la experimentación".

En todo este orden de cosas, hay algo que ha tenido una influencia muy grande en las observaciones; me refiero a un instrumento científico precioso: el microscopio. Sin él no pudieron descubrir las gametas, sin él no pudo verse la fecundación y es también él, el microscopio, causante de este trabajo. En efecto, sabemos que este aparato tiene un poder limitado de resolución, es decir no basta, para poder ver las partículas muy pequeñas, con aumentar indefinidamente su poder de ampliación, así empleemos las más grandes curvaturas. Como lo demostró el genial Ernesto Abbe de Jena, el poder de resolución está supeditado al índice de refracción del medio, a la composición química y física de los cristales, a la longitud de onda que se emplee y a la abertura numérica de los objetivos. Y que todo esto, sin embargo, tiene un límite que es variable pero que, en términos generales, es más o menos la cifra 0.2 de micra. Los microscopios electrónicos, iónicos, o de radiación muy pequeña, modernos, tienen un poder de resolución que va mucho más allá de esta cifra (son también una consecuencia de las ideas de Abbe) pero sus limitaciones de otras índoles (vacío exagerado, radiaciones muy tóxicas, temperaturas muy altas) los hacen muchas veces inútiles para la observación de cuerpos o células frágiles.

Este límite de resolución ha sido de mucha importancia en el tema que tratamos. El espermatozoide es una célula muy pequeña, se ha tenido que acudir a todos los recursos de la técnica microscópica y aún así nos encontramos con estructuras que tienen menos de la cifra límite en el poder de resolución de los microscopios usuales. ¿Cómo es posible que sabiendo esto, los científicos le hayan descrito tantas partículas cuyo tamaño es menor que esa cifra de resolución? Con el debido respeto que me merecen esas personas, y con mucha pena, tengo que declarar que han sido simplemente inventadas. La imaginación humana no tiene trabas, lo que no ve... pues lo inventa.

Veamos la descripción, y lo seguiremos con su propio esquema, que nos deja el indiscutido investigador Von Meves (sus contribuciones en otros campos, como en el de estructuras protoplásmicas, son muy famosas).

El espermatozoide es una célula alargada, que semeja un protozooario (de ahí su propio nombre de espermatozoide) que tiene claramente tres partes: Una cabeza, un cuerpo y una cauda. La cabeza es la porción anterior y es la parte más voluminosa de todo el conjunto. Es ovalada y aplastada como una raqueta.

En su diámetro más largo mide de 4.5 a 5 micras, en el diámetro intermedio de 3 a 3.5 y en su espesor es sólo de 2 micras. Esta cabeza, tanto cuando la vemos en células teñidas, como cuando se observa con el moderno y valiosísimo sistema de contraste de fases, presenta claramente dos porciones desiguales: una anterior más grande (60%) y otra posterior más pequeña (40%) En su parte más anterior termina en una punta un poco afilada, lo que le hace tener, en conjunto, un aspecto como de botella. En 1889 y en 1898 Nelson y Von Bardeleben le describieron en esta punta un perforatorium que los observadores posteriores no encontraron y por lo tanto fue rechazado. Los investigadores citados tenían la idea de que esta especie de puñal microscópico servía para desgarrar la membrana del óvulo. Esta fue una de tantas ideas adelantadas, puesto que tal pieza tan pequeña, que después de ellos nadie ha visto, tendría un tamaño inferior al poder de resolución del microscopio.

Pero también en lo que se refiere a la composición total de la cabeza, siguió imperando la gran fantasía. Esta cabeza no tendría membrana, estaría totalmente integrada por el núcleo del espermatozoide, no habría protoplasma y sólo tendría una especie de gorro frigio y yelmo, que dieron en llamar capuchón cefálico o gálea. Efectivamente, cuando se ven los espermatozoides teñidos parecen tener ese gorro particular.

La porción que se ve como cuerpo del espermatozoide es también llamada: pieza intermedia o pieza conectiva. Es una estructura de aspecto cilíndrico que mide unas 6 micras de longitud por 1.5 a 2 de diámetro. Según Von Meves este cuerpo tendría en su parte central el nacimiento y cuerpo del filamento, que atravesaría todo el cuerpo o casi todo, puesto que la porción muy cercana a la cabeza estaría libre de él. Esta sección intracorporal de la cauda estaría envuelta en una vaina que llamaron "involucro" y este involucro se extendería casi hasta la totalidad de la cauda exterior, excepción hecha de la parte muy terminal. Por fuera de este involucro Von Meves nos describe otro filamento en forma de espiral y que envuelve a toda la porción intracorporal de la cauda. Cubriendo a todo encontraríamos el protoplasma, el condrioma y la membrana. Von Meves le describe a la pieza intermedia tres nódulos, a saber: uno en la parte más anterior entre el cuerpo y la cabeza: nódulo o centrosoma anterior; un segundo colocado posteriormente y que deja una zona clara entre los dos: es el nódulo o centrosoma posterior. Y en la parte posterior de la pieza intermedia una especie de diafragma o anillo que circunda al filamento.

La tercera parte del espermatozoide sería la cauda que es la parte más delgada y más larga. Es un filamento semicilíndrico que mide de 41 a 52 micras. Este tendría una envoltura en sus 9 décimas partes y sólo la última porción estaría desnuda. El espermatozoide en su totalidad mide de 52 a 62 micras.

Toda esta estructuración parecía artificial para todo aquel que sabe algo de microscopía, en efecto, muchas de las pequeñas formas no podían haber sido

observadas por nadie ya que estaban por debajo del poder de resolución microscópica. Así fue como Van Duijn revisó por primera vez en las últimas épocas, la morfología de esta tan discutida e importante célula. Van Duijn ha empleado todos los métodos posibles para sus observaciones, a saber: la observación en vivo en microscopía común y corriente, con campo oscuro, con epiluminación (ultropak), con iluminación desviada, con sistema de contraste de fases positivo y negativo, con micropolicromar, con coloraciones vitales, con microscopio de fluorescencia (mediante el uso del naranja de acridina como fluorocromitador). En preparaciones fijadas usó también todos los medios posibles, desde las coloraciones habituales, hasta las muy especiales y la observación con luz ultravioleta. En los que se refiere a la observación electrónica se basó en los trabajos de Friedländer y Randall sobre este respecto. Y los resultados obtenidos son muy diferentes de los anteriores de Von Meves; resumiendo:

La cabeza tiene una forma oval o como de punta de lanza, de 4 a 5 micras en su diámetro más largo, pero que ocasionalmente puede alcanzar 7. Su parte más ancha mide de 3 a 3.3 μ y su espesor (visto de perfil) va de 2 μ en lo más grueso hasta 1.5 en la punta. En la parte posterior de esa cabeza (la que se une a la pieza intermedia) hay una cápsula. Esta cápsula se tiñe muy intensamente cuando se usa la fuchsina fenicada lo que impide poder observar lo que hay detrás de ella. En cambio no se tiñe con la hematoxilina. Evidentemente que los antiguos observadores se ofuscaron por esta cápsula precisamente, y así se explica que hayan ideado la famosa gálea y que negaran toda estructura interna en el espermatozoide. En lugar de ser una cabeza con capuchón es una especie de bellota, con una cápsula gruesa abajo. Observada la cabeza con contraste de fases se puede ver lo que antes nunca se vio: en primer lugar el núcleo (este es muy visible al contraste de fases, sobre todo si se pone una gota de semen entre porta y cubre y se deja secar, pues el espermatozoide queda embebido en una capa de albúmina coagulada de la secreción prostática, lo que le sirve como aclarante). También desde luego es posible usar la técnica con hematoxilina-eritrosina. Entonces se ve el núcleo como un corpúsculo oval rodeado de protoplasma, su tamaño es como de 2×3 u. Dos o tres nucléolos se ven si se monta en un medio de 1.66 de índice de refracción (como Sirax) y se observa con contraste de fases. Los nucléolos miden más o menos 0.5 de micra. La parte posterior del núcleo tiende a teñirse más intensamente que la anterior y al aplicar la reacción de Feulgen se vio que esto es debido a el ácido nucleico desoxyriboso. De esta reacción de Feulgen se deduce que la mayor concentración del ácido nucleico citado es hacia la parte ecuatorial, mientras que en la parte anterior hay menor cantidad y posiblemente esté ocupado por una partícula que no podemos ver con claridad y que tal vez pudiera ser el centrosoma (pero que desde luego no la aseguramos ni lo inventamos para no caer en el error de los autores antiguos). Lo que sí es seguro, es que esta parte es más

rica en cariolinfa que la parte posterior en donde la cromatina es más densa. Otra estructura que podemos apreciar con el contraste de fases y que antes siempre se negó, es la membrana. Esta ya fue vista antes por Oetlee y tiene un espesor muy tenue 0.25 de micra (casi en el límite del poder de resolución). Esta membrana que han llamado "óptica", es una membrana plasmática o *ectoplasma*. La parte más anterior y apical de la cabeza es movable, como flexible, y contiene una vacuola (y en algunos hay hasta dos o tres). Al teñir la cabeza con eritrosina, se nota que la parte posterior del protoplasma se tiñe más intensamente, esto es debido probablemente a dos causas, a la presencia de la vacuola en la parte anterior y a una posible diferencia de constitución química. Por último, cuando se observa la cabeza con contraste de fases se puede ver que las estructuras internas que hemos descrito son muy variables, o cuando menos son variables sus propiedades refractarias. Pero una cosa más debemos agregar a todo esto y es que hay una porción protoplásmica de la pieza intermedia que hace intrusión en la cabeza, y pone en contacto al núcleo con esa pieza intermedia.

La pieza intermedia, también llamada pieza de unión, conectiva o cuerpo, tiene una longitud de 3.5 a 4 micras con un diámetro de una micra. Máximos hasta 6 micras y 1.5 respectivamente. En su parte central se ve el filamento axial y, cubriendo éste, una vaina protoplásmica con inclusiones mitocondriales, estas mitocondrias podrían arreglarse en un aspecto espiralado, pero de ninguna manera se ha visto un filamento espiralado y la misma vaina con mitocondrias a veces espiraladas no se notan muy claramente. Igual cosa podemos decir de las observaciones en microscopio electrónico. Pero lo que sí es muy claro es la presencia de corpúsculos llamados centriolos. Uno de ellos es muy patente en todos los espermatozoides y se ven con mucha claridad cuando se hace uso del campo oscuro o del contraste de fases, está situado cerca de la cabeza y se llama centriolo proximal. El centriolo distal en cambio parece como un simple abultamiento de la masa protoplásmica. Mucho menos frecuente es un tercer centriolo que aparece a veces entre los dos citados. Una porción de la pieza intermedia se extiende a través de la cabeza y se pone en contacto con el núcleo, tiene un tamaño aproximado de 1 a 1.6 micras. La pieza intermedia con sus centriolos parece ser el centro de la motilidad, pues se ven a veces espermatozoides sin cabeza que tienen movimiento, en cambio cuando hay caudas aisladas, sin pieza intermedia, éstas nunca tienen movimiento.

La cauda tiene una forma ya descrita y una longitud de 40 a 60 micras. Tiene una forma de cinta y no de cilindro, y se adelgaza hasta su punta final. El filamento axial de la pieza intermedia se extiende claramente unas 7 a 10 micras en el cuerpo de la cauda. La punta tiene un espesor de 0.2 de micra (límite de la resolución microscópica, pero en su parte media mide 0.7×0.3 de micra. Por ninguno de los procedimientos de óptica común o por las

observaciones de microscopio electrónico hechas por Bretschneider, Friedländer y Randall fue observada esa dualidad de "involucro" y corteza plasmática que se le había descrito.

Para terminar podemos concluir diciendo que el hombre, en su afán de querer encontrar "cosas muy especiales" en una célula que es la mitad progenitora de los mismos hombres, ofuscó su mente y no vió que aparte de su aspecto especial de protozoario *el espermatozoide es una célula como cualquiera otra*: con su membrana, su protoplasma y su núcleo.

MORFOLOGIA DEL ESPERMATOZOIDE

COMENTARIO AL TRABAJO DEL DR. DANIEL NIETO ROARO *

DR. LUIS SÁNCHEZ YLLADES

QUIERO AGRADECER vivamente a mi buen amigo Daniel Nieto Roaro, la especial deferencia al invitarme para hacer el comentario oficial a su interesante trabajo sobre el espermatozoide; aunque no soy el más indicado para hacerlo, ya que la microscopía forma un lazo de unión entre diferentes ramas, valga esta circunstancia para justificar mi intervención.

En su exposición podemos hacer la división de dos conjuntos conceptuales: El uno histórico y el otro anatómico. En el primero nos refiere desde las épocas en que se mezclaron las ideas filosóficas y los hechos naturales, desvirtuando aquéllos la interpretación fidedigna de los fenómenos observados y obstaculizando el progreso de la Medicina y, en las que, las hermandades de barberos discutían sus derechos de ejercicio profesional a los cirujanos.

A pesar de esto llama la atención que desde los lejanos tiempos de Aristóteles ya se expresara un concepto biológico de fecundación que duró por 20 siglos, y, no fue hasta 1675, en que se describió el espermatozoide, descubrimiento que, en esa época despertó peregrinas teorías, como las ya señaladas por Nieto Roaro, de los homunculistas y ovoculistas. Luego, en sobria relación el autor nos expone los pasos gigantescos que, en el lapso de pocos lustros llevó a la verdad sobre la fecundación, y, como culminación de esta parte de su exposición recuérdanos la frase de Bacon, "nada hay que creer que no esté sujeto a la observación y a la experimentación".

Con la seguridad de su reconocida capacidad como experto microscopista señala las falacias que la imaginación ha descrito en la morfología del espermatozoide, ya que los más diferentes y autorizados investigadores han señalado estructuras que no pudieron ser vistas al microscopio, por que el poder de reso-

* Leído en la sesión del 1° de junio de 1960.

lución de éste es hasta 2/10 de micra y las porciones descritas debieran tener un menor tamaño, siendo por lo tanto invisibles.

No creo sea posible en el momento actual agregar más datos morfológicos a los que señala en su completa descripción, a la que se ha llegado por los medios de coloración actuales y, en especial, por el estudio en fresco con la ayuda de la microscopía en contraste de fases.

Quisiera únicamente señalar estos dos hechos que pueden ser interesantes:

La importancia de la numeración de los espermatozoides por unidad de volumen, la que hasta la fecha se hace por medio de la cuadrícula cuenta glóbulos y, para la cual en realidad es posible aplicar el contador electrónico y, además, citar la importancia del espermograma que consiste en la clasificación de los espermatozoides según su morfología; señalando en especial la clasificación de Stiasny.

El cuanteo electrónico puede ser hecho con varios tipos de contadores de partículas⁹ de los que los más conocidos son los fabricados por Coulter y Lars Ljungberg (celloscope), ambos están basados en el mismo principio, el paso forzado de la suspensión de partículas que van a ser contadas (hematías, leucocitos, espermatozoides, etc.), a través de un tubo de vidrio con una pequeña abertura, el tubo tiene dos electrodos, cuando una partícula atraviesa dicha abertura cambia la resistencia entre los electrodos lo que produce un cambio de voltaje, siendo la cifra de pulsos electrónicamente contada.

En mi práctica empleo el Celloscope y he visto que la numeración de los espermatozoides se hace con rapidez y exactitud, en un tiempo de 45 segundos a un minuto, y se encuentran cifras variables en relación con la normalidad o condiciones patológicas, pero que concuerdan con el recuento hecho en cuadrícula. No tenemos número de casos suficientes para poder hacer curvas de frecuencias ni determinar los valores normales y demás constantes estadísticas.

El espermograma clasifica las deformaciones de los espermatozoides, después de efectuar coloración de ellos, aunque es fácil hacerlo más rápidamente en fresco y con microscopía de contraste de fases, para lo que se cuentan 500 espermatozoides, determinando el porcentaje de los normales y el porcentaje de aquellos con deformaciones en: cabezas, segmento intercalar y colas.

Deformaciones en la cabeza:

1. Redonda y grande. 2. Angosta, pequeña o reducida. 3. Gigantesca. 4. Deformada, con prolongaciones citoplásmicas. 5. Alteraciones endosomáticas. 6. Formas fantasmas, aplásticas. 7. Alteraciones del segmento intercalar (engrosado, deforme, con restos de protoplasma. 8. Alteraciones en cola (implantación asimétrica, doble y corta. Además cita la alteración en movilidad, coloreabilidad, formas raras: espermátides, espermatoцитos de primero y segundo orden, espermatozonias.

Divide las alteraciones encontradas en:

1. Trastorno ligero, cuando hay de 60 a 65% de formas normales.
2. Moderado cuando hay 40 a 60% de espermatozoides normales.
3. Trastorno total de la espermatogénesis, cuando hay menos de 40% de espermatozoides normales, pertenece a este grupo la azoospermia y la oligospermia. La esterilidad es encontrada en este grupo.