

**EL ESTUDIO DEL DESARROLLO EMBRIONARIO EN *Dendropsophus molitor* COMO
PROBLEMA DE CONOCIMIENTO**

**ESPERANZA ORTIZ ARDILA
LORENA BEJARANO BELTRÁN**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D.C.
2023**

**EL ESTUDIO DEL DESARROLLO EMBRIONARIO EN *Dendropsophus molitor* COMO
PROBLEMA DE CONOCIMIENTO**

**ESPERANZA ORTIZ ARDILA
LORENA BEJARANO BELTRÁN**

**Trabajo de grado como requisito para optar por el título de Magíster en Docencia de las
Ciencias Naturales**

**Asesorado por:
ANDREA TOLEDO ARANDA
INGRID VERA OSPINA
STEINER VALENCIA VARGAS**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES
BOGOTÁ D. C.**

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO

JURADO

BOGOTÁ D.C., 2023

Dedicatoria

A Nelson y Martín, mis mayores motivaciones.

Esperanza Ortiz Ardila

A mi Hija María José Silva Bejarano, mi amor sincero.

Lorena Bejarano Beltrán

AGRADECIMIENTOS

Los momentos más emotivos se dan cuando podemos expresar la gratitud hacia las personas que forman parte de nuestra vida y que con diferentes acciones, como gestos, palabras, conversaciones o su presencia cada día, demuestran que todo es posible.

Por eso, deseo agradecer a:

 Mi compañero de vida por permitirme crecer a su lado y construir un proyecto juntos.

 A mi hijo por entender que mis logros también son suyos y darme la fuerza que requiero para continuar.

 A mis padres por estar presentes de manera incondicional.

 A mi familia por mantenerse unida y regalarme su tiempo, comprensión y esfuerzo en pro de culminar las metas propuestas.

 A mis amigos, compañeros, colegas, vecinos que estuvieron presentes.

 A la profesora Angelica Arenas PhD por su disposición y orientación.

 A todos los que hicieron posible la huerta Muysó.

 Al colegio Anglo Americano por aceptar otras maneras de educar.

 A la Universidad Pedagógica Nacional por continuar con su labor como educadora de educadores y contribuir a la consolidación de nuevas prácticas de enseñanza.

 A todo el equipo docente de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales y en especial los asesores de este proyecto que contribuyeron durante todo el proceso formación.

Esperanza Ortiz Ardila

 Por medio de estas palabras quiero expresar mis agradecimientos a personas, escenarios y momentos que hicieron posible este trabajo de grado;

 A mis papás por su apoyo y amor incondicional, por ser ejemplo de fortaleza y perseverancia, para ellos, mi mayor admiración.

 A mi hija María José Silva Bejarano que llegó en el mejor momento de mi vida, a ella mi corazón entero.

 A mi compañero Juan Silva por sus melodías que alegran mis días, a él mi complicidad.

 A Sophia Aguirre por meterse en el estanque conmigo, a ella mi amistad sincera.

 A la profesora Angelica Arenas por su compartir, a ella mi admiración.

 A los asesores Steiner Valencia, Ingrid Vera y Andrea Toledo por su compromiso y dedicación.

 Al Colegio Angloamericano y a sus estudiantes por su acogida.

 A profesores, compañeros, amigos y escenarios de los cuales tuve el orgullo de compartir y aprender.

 A la Universidad Pedagógica Nacional y a la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales por sus enseñanzas que mantienen vivo este sueño de ser profe.

Lorena Bejarano Beltrán

Tabla de contenido

Índice de tablas	9
Índice de figuras.....	10
Introducción	13
Contexto problemático	17
Contexto de origen	18
Algunas experiencias relacionadas con la incorporación del desarrollo embrionario como objeto de estudio en la educación.....	22
Definición del problema	30
Objetivos.....	32
Objetivo general	32
Objetivos específicos	32
Justificación.....	33
Proceder metodológico	36
El desarrollo embrionario: un diálogo con autores	38
La sistematización del “mundo oculto de la rana sabanera”	42
Profundización teórica disciplinar	46
Elementos de orden teórico que aportan en la configuración del desarrollo embrionario como un objeto de estudio para la biología	46
Continuidad y discontinuidad.....	46
Nociones de forma.....	48
Nociones de cambio	49
Noción de Organización	54
Aportes experimentales y observacionales del desarrollo embrionario: una mirada histórica .	56
La importancia de las técnicas e instrumentos en el desarrollo de la embriología	62
La reproducción: condiciones para la ocurrencia del fenómeno.....	65
Condiciones pre-cigóticas.....	65
Fecundación: estructuras, procesos y medios.....	69
El comportamiento como factor pre-cigótico: una antesala para la reproducción.....	70

Condiciones pos-cigóticas	73
Multiplicación celular, blástula, gástrula y organogénesis.....	73
Organogénesis	83
Estudio de caso de <i>Dendropsophus molitor</i>	85
Características taxonómicas de la especie.....	85
Anatomía y Ecología.	87
Morfología del sistema reproductivo de los anuros.	90
Amplexo	92
Estadios del desarrollo embrionario	93
Manejo de especies en cautiverio.....	99
Aspectos legales y éticos para el trabajo con organismos vivos de especies silvestres	99
Manejo de anfibios en cautiverio	101
El Ranario.....	105
La colecta de la rana sabanera.....	106
Montaje del ranario	108
La alimentación en vivo	114
Profundización pedagógica	116
La consolidación del desarrollo embrionario como problema de conocimiento en la enseñanza de las ciencias	116
Referentes epistemológicos de los problemas de conocimiento	117
Referente pedagógico de los problemas de conocimiento	120
Referentes didácticos de los problemas de conocimiento.	121
La observación y la representación.....	123
Los ranarios y la enseñanza del desarrollo embrionario.....	126
La formación del club de los Herpetocuriosos “otra manera de trabajar”	129
Intervención en el aula: viaje al mundo oculto de la rana sabanera	131
Desarrollo de la propuesta.....	132
Sobre los Herpetocuriosos y las maestras	133
Sentidos orientadores	134

Descripción de la propuesta	135
Trayecto 1 “Del Colegio a la Huerta”	136
Trayecto 2 “De la Huerta al Ranario”	139
Trayecto Final “De la Rana al Huevo” y “Del huevo a la Rana Sabanera”	142
Sistematización de la Experiencia: Aportes para la Comprensión del Desarrollo Embrionario y sus Implicaciones en la Historia De Vida De <i>Dendropsophus molitor</i>	144
Etiqueta 1. Los ambientes naturales y su vínculo con el aula.....	147
Etiqueta 2: El ranario y su aporte en el estudio de las condiciones de vida de <i>Dendropsophus molitor</i>	153
161	
Etiqueta 3: La observación y la representación en la comprensión de los cambios en el desarrollo en anuros	165
Producción discursiva	176
El ranario como estrategia en la enseñanza del desarrollo embrionario en anuros.....	178
El desarrollo embrionario una aproximación a lo experimental y observacional.....	179
La enseñanza de las ciencias: una práctica en permanente construcción	181
El desarrollo embrionario para la enseñanza de las ciencias	183
Implicaciones y recomendaciones	184
Referencias	186
ANEXOS.....	193
Anexo 1: Tabla de crecimiento y desarrollo. Gosner (1960).....	193
Anexo 2: Formato de solicitud permiso individual de recolección	194
Anexo 3: Autorización de uso de derechos de imagen sobre fotografías y fijaciones audiovisuales en actividades pedagógicas consentimiento informado – Colegio Anglo Americano.....	195
Anexo 3: Invitación para los estudiantes a formar el club los Herpetocuriosos	196
Anexo 4: Guía de trabajo desarrollada por un estudiante.	196

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Tipos de las señales acústicas producidas en los Anuros</i>	72
Tabla 2. <i>Composición química del huevo del embrión de rana (valores dados en microgramos)</i>	77
Tabla 3. <i>Descripción de las etapas de la intervención en el aula la intención y la actividad asociada.</i>	140
Tabla 4. <i>Organización de la intervención en el aula.</i>	143
Tabla 5: <i>Relación de las etiquetas de agrupamiento, elemento de los problemas de conocimiento, trayecto y actividades de la intervención en el aula</i>	146
Tabla 6: <i>Resultados Actividad 2: “Conociendo a la rana sabanera”</i>	149
Tabla 7: <i>Resultado de la actividad 3 del trayecto 2, Asignación de menú para cada etapa de la historia de vida de la Rana Sabanera.</i>	163
Tabla 8: <i>Hallazgos de la actividad “Huella, Huevo Embrión”</i>	168

Índice de figuras

Figura 1. <i>Proceder metodológico del trabajo de grado (elaboración propia).</i>	45
Figura 2. <i>Esquema de Corrientes y personajes en la construcción de la embriología como ciencia.</i>	61
Figura 3. <i>Estadios del desarrollo embrionario de la rana.</i>	64
Figura 4. <i>Un espermatozoide de mamífero.</i>	67
Figura 5. <i>Gametogénesis.</i>	68
Figura 6. <i>Óvulo de rana tal como aparece en el oviducto (izquierda), y después de la fecundación con membrana gelatinosa hincada (derecha)</i>	78
Figura 7. <i>Segmentación en Anfibios.</i>	79
Figura 8. <i>Segmentación – Tipos de huevo.</i>	80
Figura 9. <i>Formación del blastocisto bilaminar en carnívoros.</i>	81
Figura 10. <i>Esquema de gastrulación en anfibios.</i>	82
Figura 11. <i>Espécimen de rana sabanera en ranario del colegio Anglo Americano.</i>	86
Figura 12. <i>Dimorfismo sexual de la rana sabanera.</i>	88
Figura 13. <i>Sistema urogenital de la hembra de <i>Physalaemus santafecinus</i>.</i>	90
Figura 14. <i>Sistema urogenital del macho de <i>Physalaemus santafecinus</i>.</i>	91
Figura 15. <i>Amplexo axilar de <i>Dendropsophus molitor</i>.</i>	92
Figura 16. <i>Macho de <i>Dendropsophus molitor</i>, con presencia del saco vocal extendido.</i>	93
Figura 17. <i>Esquema de la blastulación de <i>Dendropsophus molitor</i>, estadios 0 al 10 del desarrollo embrionario.</i>	95
Figura 18. <i>Esquema de la gastrulación de <i>Dendropsophus molitor</i>, estadios 11 al 17 del desarrollo embrionario.</i>	96

Figura 19. <i>Esquema de la organogénesis de Dendropsophus molitor, estadios 18 al 24 del desarrollo embrionario.</i>	97
Figura 20. <i>Ranario construido para la intervención en el aula.</i>	105
Figura 21: <i>Colecta de individuos en estado de renacuajo.</i>	107
Figura 22: <i>Colecta de rana en estado de renacuajo.</i>	107
Figura 23: <i>Acuario dispuesto para la elaboración del Ranario.</i>	109
Figura 24: <i>Ambientación del ambiente terrestre y acuático en el ranario</i>	109
Figura 25: <i>Resultados de las mediciones de pH</i>	111
Figura 26: <i>Ranas en asoleamientos en franja de las 9:30 a 10 de la mañana.</i>	112
Figura 27. <i>Relación entre los elementos que configuran la profundización pedagógica.</i>	130
Figura 28. <i>Elementos que configuran la intervención en el aula.</i>	132
Figura 29. <i>Actividad introductoria de la cartilla: identificando saberes, un análisis del Renacuajo Paseador.</i>	137
Figura 30. <i>Actividad 2 de la cartilla: aproximación las características del grupo.</i>	137
Figura 31. <i>Foto de presentación del vídeo Renato Sabana. Elaboración propia.</i>	138
Figura 32. <i>Apartado de la cartilla de los Herpetocuriosos para el registro de los elementos que consideran indispensables para que sobreviva la rana.</i>	138
Figura 33. <i>Actividad para reconocer las representaciones que los Herpetocuriosos presentaban del ambiente para Renato.</i>	139
Figura 34. <i>Proceso de Artificialización.</i>	141
Figura 35. <i>Actividades para la complejización de relaciones.</i>	142
Figura 36: <i>Registros Gráficos de los estudiantes de Tercero de Primaria Representación del ambiente de la Rana Sabanera.</i>	155

Figura 37: Adaptación del espacio de cautiverio para los individuos.	161
Figura 38: Contenedor (acuario) para la construcción del ranario.	161
Figura 39: Separación de los ambientes acuático y terrestre en el espacio de cautiverio.....	161
Figura 40: Estudiantes del club Herpetocuriosos colectando macroinvertebrados para alimentar a las ranas del ranario.	165
Figura 41: Registro de la actividad 1 del trayecto 3 “Huevo, huella embrión”	167
Figura 42: Estudiantes del grupo Herpetocurisos en observación de huevos de Dendropsophus molitor a través microscopios y estereoscopios.....	169
Figura 43: Registros de los estudiantes de las observaciones realizadas a través del estereoscopio	170
Figura 44: Estudiantes modelando los estadios del desarrollo de la rana sabanera.....	172
Figura 45: Organización de los modelos de los estadios elaborados por los estudiantes según el orden de ocurrencia.	174

Introducción

La enseñanza de las ciencias implica atender a múltiples factores, que hacen parte de las realidades educativas a las que el docente se enfrenta, como son las dinámicas institucionales, las políticas educativas, los contextos particulares de los estudiantes, los recursos y materiales que dispone para ejercer su rol, que en conjunto pueden generar ciertas tensiones frente al alcance de metas o la obligatoriedad en el cumplimiento de los currículos, por lo cual se abordan temáticas de manera superficial y se pasan por alto maneras de enseñanza que pueden llegar a ser significativas para los estudiantes.

Desde lo anteriormente descrito, surgen cuestionamientos frente a cómo generar alternativas que atiendan a las tensiones entre el cumplimiento de lo curricularmente propuesto y lo que implica la enseñanza de las ciencias como una práctica dialéctica que posibilita escenarios de participación, reflexión, complejización de relaciones y construcción de explicaciones sobre diferentes fenómenos.

En respuesta a lo anterior, el presente trabajo acude a los problemas de conocimiento como estrategia de enseñanza, para abordar el desarrollo embrionario como objeto de estudio, siendo un contenido, que, dentro de los currículos, se limita a lo humano y se aborda de manera enunciativa, por tanto, se recurre a la rana sabanera como organismo que permite evidenciar este proceso y en el cual es posible observar cambios que se presentan durante la formación de un nuevo individuo.

Este objeto de estudio, se configuró en el marco de las vivencias desde el rol docente, experiencias personales y los diferentes espacios académicos desarrollados en la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales, desde los cuales surgieron cuestionamientos relacionados con técnicas experimentales, mecanismos de reproducción, la historia de vida de la rana sabanera, la modelación en el proceso de enseñanza, entre otros, que permitieron constituir la siguiente pregunta de investigación, ¿Cuáles son los aspectos de orden experimental y observacional que aportan al estudio del desarrollo embrionario de *Dendropsophus molitor* y cómo contribuyen a la comprensión de su historia de vida?

Para dar respuesta a esto, se configura el objetivo general que consiste en: Determinar los aspectos observacionales y experimentales que aportan a la descripción y explicación del desarrollo embrionario en *Dendropsophus molitor* como parte de la comprensión de su historia de vida; a partir de una profundización teórica, disciplinar y pedagógica, en la cual se articulan elementos de carácter histórico y epistemológico para la consolidación del desarrollo embrionario como objeto de estudio en la biología, con el propósito de comprender aspectos de orden observacional y experimental que fueron fundamentales en la construcción de explicaciones en torno a la formación de nuevos individuos.

Desde esta perspectiva, este trabajo de grado se estructuró en seis capítulos, a través de los cuales se reúnen aspectos problematizadores frente a lo disciplinar y pedagógico, que ponen en evidencia el interés sobre el desarrollo embrionario como objeto de estudio, la complejidad que subyace del mismo y las posibilidades que brinda para la enseñanza de los sucesos que acontecen previo y durante la formación del embrión.

Adicionalmente, se establecen los objetivos específicos que definen los límites y orientan los alcances de la propuesta, para dar paso a la justificación que expone la relevancia que adquiere el ahondar en el desarrollo embrionario como problema de conocimiento, y a su vez los criterios de elección de *Dendropsophus molitor* como una especie apropiada para abordar este saber, en el marco de la enseñanza de las Ciencias Naturales.

Para materializar los objetivos propuestos, en los capítulos posteriores se realiza el diseño e implementación de la propuesta de aula “El mundo oculto de la Rana Sabanera” con la cual se integran los diversos referentes que se abordan durante la profundización disciplinar y pedagógica que den cuenta de las posibilidades que el docente presenta para motivar a los estudiantes frente a un saber particular.

En este sentido, la intervención de aula se compone de tres trayectos, el primero “Del colegio a la Huerta”, en el cual se acerca a los estudiantes al mundo natural y a las características particulares de la rana sabanera, el segundo “De la huerta al ranario” en la que se reconocen los elementos indispensables para artificializar el mundo natural, propiciar el fenómeno de la reproducción y posibilitar el desarrollo embrionario, y el tercero, Trayecto Final “De la Rana al Huevo” y “Del huevo a la Rana Sabanera” que muestra los aspectos observables del desarrollo embrionario y su relación con la historia de vida del individuo.

Posteriormente, los hallazgos e interpretaciones realizadas sobre los registros de los estudiantes, conforman el capítulo de sistematización, del cual emergieron elementos de interés para el

análisis, que permitieron replantear la práctica docente entendiendo el aula como un sistema de relaciones en el cual se recurre a la ciencia como una actividad de la cultura.

Finalmente, el último capítulo, presenta la producción discursiva que surge de las reflexiones que se suscitaron de la profundización teórica, la intervención en el aula y la sistematización de la experiencia, en las cuales se evidencia el impacto del trabajo sobre las docentes, el aporte de este para fortalecer las prácticas de enseñanza de las ciencias naturales y las posibilidades que brinda el constituir objetos de estudio dentro de la estrategia de los problemas de conocimiento.

Contexto problemático

La enseñanza de las ciencias naturales en ocasiones se reduce al alcance de buenos resultados en las pruebas censales o al desarrollo de contenidos expuestos en libros de texto que responden a la obligatoriedad del currículo, a partir de estrategias que se basan en la repetición o en la memorización de los contenidos y se alejan de las posibilidades que brindan los espacios de diálogo y reflexión con los sujetos inmersos en el proceso de aprendizaje.

En este sentido, las clases de ciencias pierden valor frente a la importancia de retomar el interés y las motivaciones de los estudiantes por diferentes saberes relacionados con el ambiente, los seres vivos que en él habitan y los procesos que se llevan a cabo para constituir el fenómeno viviente.

Desde lo anterior, surge el presente trabajo que pretende reconocer algunas de las etapas del desarrollo embrionario de la rana sabanera y algunos elementos relacionados con este objeto de estudio, en el marco de los problemas de conocimiento como estrategia de enseñanza de las ciencias, mediante una intervención en el aula que brinde herramientas conceptuales y metodológicas que permitan promover la construcción de conocimientos y poner en evidencia el carácter de la ciencia como una actividad cultural, que se construye a partir de la interacción entre los individuos y el diálogo permanente, cuestionarse sobre lo cotidiano y las motivaciones que surgen a partir de nuevos aprendizajes, acciones que a su vez orientan la construcción de explicaciones sobre diversos fenómenos.

Para esto, se establecen las relaciones que se presentan entre elementos propios de la enseñanza de las ciencias como los derechos básicos de aprendizaje, las prácticas en el aula, las reflexiones que suscitaron los diferentes espacios de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales (en adelante MDCN), aspectos técnicos y teóricos relacionados con la artificialización del ambiente natural de la rana sabanera y las dinámicas institucionales que permiten configurar el desarrollo

embrionario como un problema de conocimiento y un objeto de estudio propio de la enseñanza de las ciencias.

Contexto de origen

Este apartado se describe brevemente los elementos que se tuvieron en cuenta para la selección del desarrollo embrionario de la rana sabanera como objeto de estudio, atendiendo a los procesos de reflexión que se generan desde la MDCN, lo expuesto desde los derechos básicos de aprendizaje (a partir de ahora DBA), los lineamientos curriculares y las características propias del grupo biológico seleccionado, todo lo anterior desde la racionalidad de los problemas de conocimiento como estrategia para la enseñanza de las ciencias. Esta sección presenta además algunas experiencias que proporcionan aspectos de orden teórico, metodológico y pedagógico a la propuesta de investigación.

En primer lugar, el contexto de origen se nutre desde los espacios académicos que ofrece la MDCN, en los cuales se generan cuestionamientos y reflexiones sobre prácticas de enseñanza de las ciencias y se vislumbran algunas de sus problemáticas. De esta forma, los seminarios brindaron elementos epistemológicos, históricos, pedagógicos y de contenidos disciplinares específicos, que permitieron evidenciar el potencial del desarrollo embrionario como un objeto de estudio, sobre el cual poner en práctica los referentes discursivos del programa de formación y contribuir al proceso de su enseñanza.

En segundo lugar, es necesario reconocer que los contenidos que se abordan en las instituciones educativas para la enseñanza de las ciencias están descritos en los Estándares Básicos de Competencias y los DBA, los cuales determinan los contenidos y el grado de escolaridad en el que se deben desarrollar, lo que implica identificar posibilidades para la enseñanza del desarrollo embrionario en básica primaria.

Los Estándares Básicos de Competencias son una serie de documentos formulados por el Ministerio de Educación Nacional (a partir de ahora MEN) que orientan los contenidos mínimos que se deben abordar en la formación de los estudiantes durante su proceso de escolaridad y son definidos como:

Los parámetros de lo que todo niño, niña y joven debe saber y saber hacer para lograr el nivel de calidad esperado a su paso por el sistema educativo y la evaluación externa e interna es el instrumento por excelencia para saber qué tan lejos o tan cerca se está de alcanzar la calidad establecida con los estándares (MEN, 2006, p.9).

En el mismo documento se definen los DBA como:

Un conjunto de aprendizajes estructurantes que han de aprender los estudiantes en cada uno de los grados de educación escolar, desde transición hasta once, y en las áreas de lenguaje, matemáticas en su segunda versión, ciencias sociales y ciencias naturales en su primera versión (MEN, 2006, p.6).

En concordancia con lo anterior, los Estándares Básicos de Competencias y los DBA determinan los contenidos a desarrollar en los planteles educativos, como una tendencia que homogeniza las temáticas a desarrollar en el aula, pero que al mismo tiempo otorgan la posibilidad de complejizar su enseñanza.

Durante la revisión realizada a los DBA se evidencian temáticas relacionadas con el desarrollo embrionario, que, si bien no se refieren a etapas o procesos específicos que en él tienen lugar, si establecen relaciones con la reproducción como una característica propia de los seres vivos que amplía la concepción sobre la formación de un nuevo individuo.

Para los DBA de quinto de primaria se “comprende que los sistemas del cuerpo humano están formados por órganos, tejidos y células y que la estructura de cada tipo de célula está relacionada con la función del tejido que forman” (MEN, 2016, p. 20).

Para los DBA de primero de primaria “comprende que los seres vivos (plantas y animales) tienen características comunes (se alimentan, respiran, tienen un ciclo de vida, responden al entorno) y la diferencia de los objetos inertes” (MEN, 2016, p. 9).

Igualmente, en los Estándares Básicos de Competencias se definen subprocesos dentro de algunos enunciados identificadores que dan cuenta de contenidos relacionados con el desarrollo embrionario, entre los cuales se destacan estos dos: “describo y verifico ciclos de vida de seres vivos” y “observo y describo cambios en mi desarrollo y en el de otros seres vivos” (MEN, 2006, p.132).

Lo establecido en los DBA y en los Estándares Básicos de Competencias, dan posibilidades para acercar a los estudiantes a la comprensión de los procesos que se ven involucrados en el desarrollo embrionario y determinar relaciones entre la historia de vida¹ de los organismos y los cambios que estos presentan desde la fecundación, para propiciar una mirada más amplia del proceso y construir explicaciones sobre su propio desarrollo.

Es desde lo anteriormente descrito, que la enseñanza del desarrollo embrionario en la escuela centra su atención en aspectos referidos a la especie humana, que involucran contenidos sobre evolución, genética, herencia, entre otros, con los que se busca, además, aportar a los procesos de educación sexual de los estudiantes de acuerdo con el grado y la edad correspondiente.

De esta manera, la enseñanza de la embriología se limita a la descripción y enumeración de las fases del desarrollo embrionario en humanos, dejando de lado aspectos importantes como la diferenciación, organización o comparación, que resultan fundamentales para reconocer y comprender dicho proceso.

¹ Se acude a la categoría de historia de vida propuesta por Vera, (2017) para referirse a los diferentes eventos que suceden en las etapas por las que atraviesa un ser vivo, desde su formación hasta su muerte, atendiendo a las nociones de origen, cambio y tiempo que remplazan la noción de ciclo de vida.

El tercer y último aspecto que se tuvo en cuenta fue la elección de un grupo biológico que posibilitara la observación del desarrollo embrionario, razón por la cual se seleccionó la especie *Dendropsophus molitor*, de la cual se destacan: el tipo de fecundación, la estructura del huevo, la tasa de fertilidad, la transición de un ambiente acuático a terrestre y el hábitat en el que se encuentra.

En cuanto a su fecundación, es importante resaltar que la especie *Dendropsophus molitor* presenta una fecundación externa en una reproducción de tipo I, como lo menciona Duellman & Trueb (como se citó a Sarria, 2010) “es decir, las hembras depositan los ovocitos en cuerpos de agua, formando montones gelatinosos, por unión de las capas mucosas que envuelven los huevos; permitiendo que floten en la superficie del agua” (p. 13). Facilitando el hallazgo y colecta de los huevos en ambientes controlados.

Frente a la estructura del huevo, se destaca la presencia de membranas transparentes, las cuales permiten observar los cambios ocurridos en cada estadio, desde la fecundación hasta la eclosión del renacuajo, es así como, esta especie representa un grupo interesante para el estudio y la enseñanza del desarrollo embrionario.

Por las características embriológicas la especie *Dendropsophus molitor* ha sido estudiada como lo menciona Chimpan (como se citó a Sarria, 2010), por:

ser considerada como un modelo biológico que posee organismos con altas tasas de fertilidad, lo cual permite obtener un gran número de embriones que se caracterizan por ser de gran tamaño facilitando así su seguimiento en el desarrollo embrionario a través de métodos simples de laboratorio (p.13).

Lo anterior, reconoce la importancia de abordar el desarrollo embrionario con esta especie, por su tasa de fertilidad, aproximadamente de 200 huevos en cada postura, los cuales garantizan que

un alto número de individuos lleguen a estado renacuajo, además de poder observar los cambios ocurridos entre un estadio y otro, gracias a su membrana transparente.

Por otra parte, la especie seleccionada cumple funciones vitales en ambientes acuáticos y terrestres mediante el desarrollo de estructuras que permiten la supervivencia de los individuos en cada uno de estos y cuyas primeras formas se hacen visibles en algunos de los estadios embrionarios, posibilitando establecer relaciones entre el desarrollo embrionario y la historia de vida de los individuos.

A nivel científico y pedagógico la especie *Dendropsophus molitor* (Rana Sabanera), la cual habita humedales y páramos cercanos a la ciudad de Bogotá, representa un grupo interesante para estudiar el desarrollo embrionario, al ser una especie endémica, de hábitos nutricionales generalistas, no reporta algún tipo de amenaza y por su fácil adaptación a los ambientes artificiales, como, por ejemplo, estanques, pocetas o ranarios.

Algunas experiencias relacionadas con la incorporación del desarrollo embrionario como objeto de estudio en la educación.

En la enseñanza de las ciencias naturales se han generado diferentes estudios que retoman el desarrollo embrionario en las prácticas de enseñanza y contribuyen con aportes teóricos, metodológicos o pedagógicos para el desarrollo del presente trabajo. A continuación, se mencionan algunos de ellos resaltando el aporte que brindan y su relación con la propuesta.

El trabajo de grado para optar por el título de Doctor en Ciencias de la Educación titulado “Estrategias metodológicas para el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje de la embriología en función” Hernández (2007) en el Instituto de Educación Superior Félix Varela (Cuba). Este trabajo tiene como objetivo contribuir al aprendizaje desarrollador de la embriología en función de la disciplina morfofisiología de los estudiantes de primer año de medicina. La estrategia metodológica de dicha tesis consistió en la adaptación de los

componentes del proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura al método de solución de problemas.

Si bien la intervención de aula que se desarrolla en el presente trabajo de grado se llevará a cabo con estudiantes de básica primaria, el enfoque de solución de problemas permite una reflexión sobre la organización que se utilizan en otros escenarios educativos y que contribuye a la formación de profesionales con un pensamiento sistémico.

El trabajo de grado para optar por el título de licenciada en ciencias biológicas titulado “Desarrollo temprano desde la fertilización hasta la eclosión del renacuajo en la rana *Agalychnis spurrelli* (Anura: Hylidae)” por Carrillo (2015) de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, cuyo propósito se enfocó en describir y analizar el desarrollo embrionario, desde el clivaje hasta la eclosión del renacuajo de la rana *Agalychnis spurrelli* perteneciente a la familia Hylidae. Este estudio es el primer reporte del desarrollo temprano de la *Agalychnis spurrelli*, contribuyendo al conocimiento de las adaptaciones del desarrollo embrionario de ranas ecuatorianas con distintas estrategias reproductivas.

El aporte teórico de Carrillo (2015) al presente trabajo de grado está relacionado con las diferentes técnicas experimentales y observacionales que la autora tuvo presente para analizar y describir el desarrollo embrionario de la rana, tales como: la fijación de embriones por método de fijación Smith y MEMFA, las observaciones realizadas a bisecciones y secciones de vibratome, la tinción fluorescente para núcleos y finalmente la toma de micrografías, que si bien no se van a desarrollar en esta propuesta brinda referentes del proceder metodológico, para la fijación de las muestra biológicas utilizadas en la observación.

La tesis de maestría en Bioética titulada “Creación de un laboratorio virtual para la enseñanza universitaria de la embriología humana en sus aspectos biológicos, éticos y sociales” por Ávila

(2013) de la Universidad Nacional de Córdoba (Argentina). En dicha tesis se propuso como objetivo diseñar un ambiente virtual (Laboratorio) de apoyo para la enseñanza-aprendizaje a distancia de la embriología humana en sus aspectos biológicos, éticos y sociales destinado a los alumnos de pregrado y postgrado de las Ciencias de la Salud. Como parte del diseño del laboratorio virtual de esta tesis el autor incorporó un sitio web, un blog, atlas, glosarios y artículos digitales en línea.

La tesis de Ávila (2013) pone de manifiesto la importancia de viabilizar medios tecnológicos que faciliten los procesos de enseñanza de la embriología y un ejemplo de ello son los laboratorios virtuales que presentan una mayor acogida por su significado ético en la manipulación de embriones.

A nivel nacional se destacan algunos trabajos, que aportan de manera teórica, disciplinar y pedagógica elementos importantes, entre los cuales se destacan:

Trabajo de grado Guzmán. (2021) “Material didáctico sobre embriología dirigido a estudiantes de segundo semestre de la Licenciatura en Biología” de la Universidad Pedagógica Nacional. En el cual se desarrollaron materiales didácticos con el uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), para complementar el contenido relacionado con embriología y de manera novedosa se profundizó en conceptos básicos y elementales para la comprensión de la biología del desarrollo.

Lo anterior, aporta elementos de orden pedagógico relacionados con las tecnologías de la información, que resulta ser un recurso importante para la divulgación y el proceso comunicativo del desarrollo embrionario en diferentes grupos de seres vivos dentro de contextos escolares.

Tesis de grado de la maestría en enseñanza de las ciencias exactas y naturales titulado “El concepto de “células madre o troncales” como eje integrador para abordar el desarrollo

embrionario humano en estudiantes de educación media vocacional desde el aprendizaje basado en problemas”, Ballén. (2012) de la Universidad Nacional de Colombia, cuyo objetivo fue abordar el concepto de célula madre como eje articulador e innovador de los procesos que se llevan a cabo desde la formación del cigoto y hasta la constitución del embrión, a través de estrategias didácticas en torno a la resolución de problemas.

Este trabajo de grado vincula estrategias pedagógicas como la resolución de problemas para la comprensión del desarrollo embrionario. A través de diferentes situaciones de análisis los estudiantes describen los eventos que tienen lugar en este en la especie humana.

Trabajo de grado de la Maestría en Educación con énfasis en la enseñanza de las ciencias Titulado “El concepto de ser vivo: una relación entre el pensamiento del estudiante y el desarrollo histórico de la ciencia” por Medina. (2011) de la Universidad del Valle que presenta elementos importantes sobre la configuración del concepto de ser vivo en los estudiantes y cómo se determinan sus características, estableciendo así la relación que presenta el desarrollo embrionario con la definición de ser vivo.

Estos elementos permiten vislumbrar diferentes formalizaciones que los estudiantes desarrollan de un ser vivo y como se da continuidad a la especie, características fundamentales para su definición.

El trabajo de grado para optar por el título de Biólogo titulado “Tabla de desarrollo embrionario de la rana sabanera *Dendropsophus labialis*: hylidae en cautiverio (laboratorio biología de desarrollo PUJ)” por Sarria. (2010) de la Pontificia Universidad Javeriana en el cual se desarrolla una descripción macroscópica y microscópica del desarrollo embrionario pre-metamórfico de la rana sabanera en cautiverio simulando condiciones ambientales mediante la captura de dos parejas de ranas, estudiando los embriones de dos desoves durante cada 30 minutos en las

primeras etapas y cada dos horas hasta llegar al día 5, lo que permitió determinar los diferentes estadios por los cuales atraviesa *Dendropsophus molitor* durante su desarrollo embrionario.

Lo anterior enunciado, es un estudio que aporta una base teórica importante que recoge elementos de orden técnico para el desarrollo de los montajes experimentales con los estudiantes y las características observables en los diferentes estadios.

Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Docencia de las Ciencias Naturales titulado “La metamorfosis como problema de conocimiento en la enseñanza de las ciencias naturales” por Toledo. (2016) de la Universidad Pedagógica Nacional en el cual se profundiza en fenómenos biológicos a partir del estudio de los referentes disciplinares que permiten establecer diferencias y semejanzas entre el ciclo de vida y la metamorfosis de la mariposa de la col y de esta manera brindar aportes para su enseñanza.

Este trabajo de grado provee elementos metodológicos para el desarrollo de las actividades con grupos heterogéneos en espacios diferentes a las clases de ciencias y aporta elementos de orden teórico para el desarrollo conceptual de las nociones de continuidad y discontinuidad.

Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Docencia de las Ciencias Naturales titulado “Historia de lo viviente: Una explicación acerca de los seres vivos a través de la articulación de las nociones de tiempo, cambio y origen en Lepidópteros” por Vera. (2017), de la Universidad Pedagógica Nacional en el cual se propone transformar la expresión ciclo de vida por historia de lo viviente a partir de la profundización teórica y de nociones integradoras como tiempo, cambio y origen.

El anterior trabajo de grado brinda el referente de historia de vida y permite vincular los diferentes momentos que acontecen a lo largo de la permanencia de un individuo, relacionando

nociones como cambio, forma y aportando referentes teóricos sobre el desarrollo embrionario en lepidópteros.

Los trabajos acá presentados contribuyen con una serie de aspectos teóricos, técnicos, históricos y epistemológicos, los cuales son referentes importantes para el florecimiento de esta propuesta, proporcionando elementos metodológicos que estructuran este trabajo.

De nuestras experiencias y nuestras prácticas

El interés por el desarrollo embrionario obedece a las vivencias que se han presentado en nuestro recorrido académico, a partir del estudio de la historia de vida de seres vivos como mariposas o anfibios, desde su etapa de huevo hasta su etapa adulta, adicionalmente, se asocia con las prácticas que como docentes hemos construido en el aula y el proceso formativo al interior de la MDCN.

La pretensión de profundizar a nivel teórico y procedimental en aspectos relacionados con la biología del desarrollo en el grupo de los anfibios, fueron motivados por ejercicios prácticos cómo visitar el ambiente natural de la especie, coleccionar los huevos y artificializar un ambiente que simulara las condiciones ambientales para mantener en cautiverio a los organismos, además, de los espacios académicos de la MDCN, que brindaron la oportunidad de reflexionar sobre lo disciplinar y pedagógico en el quehacer docente.

Los trabajos anteriormente desarrollados durante el II semestre del pregrado en licenciatura en biología, permitieron coleccionar los huevos de *Dendropsophus molitor* para observar su desarrollo y crecimiento, experiencia que posteriormente se socializó con estudiantes de secundaria que apreciaron las diferentes etapas que presentaban los individuos, registrando sus observaciones en tablas de crecimiento, utilizando el montaje diseñado durante el seminario de investigación de crecimiento y desarrollo.

Por otra parte, el trabajo de grado titulado “Elaboración de un hipertexto educativo en Anuros para estudiantes de Básica Secundaria” para optar por el título de licenciada en Biología por Ortiz y Sánchez. (2006), en el cual se creó un hipertexto educativo que mostraba diferentes aspectos de la biología del grupo de los anuros a estudiantes de octavo grado de secundaria, con el ánimo de reconocer la importancia de estos animales y la diversidad que presentan en el territorio colombiano, representó uno de los primeros acercamientos con este grupo en contextos escolares.

Lo anterior muestra que, en el ejercicio de la práctica docente, hemos tenido la oportunidad de desarrollar diferentes experiencias que han permitido vislumbrar el interés de los estudiantes en los modelos construidos, para ejemplificar las etapas del desarrollo embrionario en organismos tales como mariposas, anfibios y humanos. Para el caso particular “Elaboración de un hipertexto educativo en Anuros para estudiantes de Básica Secundaria” Ortiz y Sánchez. (2006) permitió recolectar individuos de una especie cercana a la institución educativa para identificarla mediante el uso de diferentes claves taxonómicas, de igual manera se reconoció la relación que establecía con otros organismos de su entorno, como las plantas de las cuales se alimentaba y la función ecológica que desempeñan.

Para el caso particular de la enseñanza del desarrollo embrionario humano se retoman modelos de fetos conservados en formol en diferentes etapas de su desarrollo, sobre los cuales las impresiones de los estudiantes denotan posiciones éticas, morales y científicas frente a la manipulación de estos durante las prácticas. Donde la capacidad de asombro da cabida al espíritu científico y motiva a indagar sobre sus observaciones mediante preguntas como ¿Por qué se parecen los fetos de las aves y los mamíferos?, ¿De dónde se obtuvieron los fetos?, ¿De qué ser vivo es este feto?, entre otras.

Es así como las prácticas mencionadas motivan el presente trabajo de grado para fortalecer y profundizar los conocimientos respecto al desarrollo embrionario del grupo de los anfibios con énfasis particular en los anuros, específicamente en la especie *Dendropsophus molitor* como parte de la comprensión de su historia de vida.

Los espacios de reflexión que ofrecen los seminarios de la MDCN, nos invitan a cuestionar las prácticas en la enseñanza de las ciencias para partir de los intereses de los estudiantes y construir problemas de conocimiento que permitan vincular saberes específicos con las realidades particulares de las comunidades en las cuales se desarrolla el ejercicio docente.

Las consideraciones anteriores, permiten determinar dos tipos de contextos de problematización, con respecto al desarrollo embrionario. El primero relacionado con los procesos que se llevan a cabo en el desarrollo de los anfibios para dar cuenta de los cambios o transformaciones en sus primeras etapas de vida, bajo unas condiciones pre-cigóticas y pos-cigóticas particulares, a partir de la articulación de nociones de fecundación, diferenciación y especialización, y el segundo en relación con el estudio del desarrollo embrionario en *Dendropsophus molitor* como aporte en la comprensión de su historia de vida, con estudiantes de básica primaria.

Definición del problema

El desarrollo embrionario entendido como las diferentes etapas por las que atraviesa un individuo desde la fecundación hasta el nacimiento, es un asunto que presenta una historia importante dentro de las ciencias biológicas, para lo cual distintos autores se han preocupado por dar cuenta de explicaciones, teorías y técnicas que hacen de éste un objeto de estudio de la biología, así, por ejemplo, Jacob (1999), nos plantea que antes del siglo XIX “la composición elemental de los seres vivos queda aún fuera del alcance de la observación y la experimentación”(p.60). Es así como no es posible reconocer estructuras en cuanto no se desarrollen los instrumentos que permitan comprobar y dar cuenta de estas de manera real. A medida que los instrumentos, técnicas y métodos permiten la materialización de las diferentes etapas del desarrollo embrionario, la embriología como tal, cobra relevancia y establece como su objeto de estudio al desarrollo embrionario, que a su vez presenta una historia y una serie de condiciones de aparición que la constituyen en una ciencia particular.

En el contexto de este trabajo y de acuerdo con nuestros intereses profesionales y personales se configuran una serie de reflexiones acerca del desarrollo embrionario, que están en relación con las siguientes preguntas:

¿Cómo el desarrollo embrionario se constituye en un problema de conocimiento? Esta pregunta nos permite recapitular diferentes eventos involucrados en el desarrollo de la embriología y reconocer métodos, técnicas e instrumentos que configuraron el desarrollo embrionario como un objeto de conocimiento biológico.

¿Cuál es el papel de la representación en la enseñanza del desarrollo embrionario? A través de este cuestionamiento esperamos mostrar el papel que juega, en los contextos educativos, la elaboración de modelos para comprender procesos biológicos como el desarrollo embrionario.

*¿Cómo construir relaciones entre el desarrollo embrionario y la historia de vida de *Dendropsophus molitor* desde los escenarios escolares?* Por medio de los intereses que se plasman en esta pregunta esperamos articular los cambios que suceden al interior del huevo como procesos indispensables para todas las etapas que se presentan en la historia de vida del individuo posterior a la eclosión.

*¿Qué características tienen los procesos de fecundación y reproducción en *Dendropsophus molitor*?* Con este cuestionamiento queremos destacar qué características como fecundación externa y presencia de un saco vitelino transparente en este grupo de animales, favorecen la observación de las diferentes etapas que se llevan a cabo durante el desarrollo embrionario.

¿Cuáles son las técnicas experimentales que han permitido el estudio del desarrollo embrionario? Para el proceso de artificialización mediante la modelación de su ambiente natural dentro del aula es necesario reconocer los métodos y técnicas que se han presentado para el estudio de estos organismos y así poder replicarlos.

Los anteriores cuestionamientos surgen de diferentes reflexiones en los espacios académicos de la MDCN y nos permiten formular el problema a profundizar de este trabajo en los siguientes términos:

¿Cuáles son los aspectos de orden experimental y observacional que aportan al estudio del desarrollo embrionario de *Dendropsophus molitor* y cómo contribuyen a la comprensión de su historia de vida?

Objetivos

Objetivo general

Determinar los aspectos observacionales y experimentales que aportan a la descripción y explicación del desarrollo embrionario en *Dendropsophus molitor* como parte de la comprensión de su historia de vida.

Objetivos específicos

Documentar disciplinar y pedagógicamente elementos vinculados con la comprensión del desarrollo embrionario de *Dendropsophus molitor* y su aporte a la enseñanza de las ciencias en la educación básica.

Diseñar, implementar y sistematizar una intervención de aula acerca del desarrollo de *Dendropsophus molitor* como aporte a la comprensión de su historia de vida con estudiantes de básica primaria.

Justificación

La enseñanza de las ciencias en el aula, está orientada por directrices nacionales e institucionales que establecen los contenidos a desarrollar, las metodologías a usar y en algunos casos determina los materiales e instrumentos a emplear para el desarrollo de cada sesión, esta manera de proceder ha generado en muchas ocasiones, como lo menciona Llinás (1996) (como se citó en Rey- Herrera y Candela, 2013) “que gran parte del sistema educativo vigente se caracterice por una enseñanza fragmentada, acrítica, desactualizada e inadecuada, que desmotiva la curiosidad de los estudiantes”(p.36).

Lo anterior, evidencia uno de los problemas para la enseñanza de las ciencias como la memorización de los contenidos que limitan la imaginación, la creatividad y el amor por el conocimiento, mostrando al estudiante como un actor ajeno a las dinámicas que se dan dentro del aula. (Rey- Herrera y Candela, 2013).

Teniendo en cuenta este panorama, los problemas de conocimiento, como estrategia de enseñanza, adquieren un papel relevante en las dinámicas escolares, brindando elementos como trascender de la experiencia básica, la artificialización y la complejización de relaciones, que debidamente articuladas, permiten la emergencia de cuestionamientos, inquietudes, debates y explicaciones para la enseñanza de un objeto de estudio en particular.

Para este último, el presente trabajo centra su interés en el desarrollo embrionario como objeto de estudio, lo que implica retomar planteamientos teóricos que tuvieron lugar en la construcción de la embriología como ciencia y que permitieron vislumbrar explicaciones que responden a

factores de orden filosófico, religioso y científico, siendo este último desde el cual se han configurado los problemas de conocimiento para la biología del desarrollo.

Desde esta perspectiva, la profundización acerca del desarrollo embrionario permite establecer relaciones frente a muchos campos del saber cómo la reproducción, el crecimiento y desarrollo atendiendo a nociones de tiempo, cambio y forma para dar cuenta de procesos fundamentales en la formación de un nuevo individuo.

En adición, el desarrollo embrionario como objeto de estudio requiere unas condiciones que pueden ser artificializadas con el propósito de representar el mundo natural en el aula de clase y a partir de éstas generar observaciones, cuestionamientos e interrogantes que se transforman en insumos didácticos para la construcción de explicaciones desde los elementos discursivos que se presentan entre los actores de la dinámica que se genera en el aula.

Responder al desarrollo embrionario como objeto de estudio requiere plantear una ruta de trabajo acudiendo a seres vivos que permitan materializar el objeto en sí, para el caso de esta propuesta se seleccionó a *Dendropsophus molitor* (Rana sabanera), como se menciona en el contexto problemático es una especie que permite la observación de los estadios embrionarios por la estructura del huevo, su tasa de fertilidad facilita la obtención de gran cantidad de huevos (90 a 300), los tiempos de desarrollo son relativamente cortos (132 horas) y las condiciones ambientales, en cautiverio, son de fácil manejo dado que son propias de la sabana de Bogotá.

En conjunto, los aspectos mencionados hasta el momento conforman la propuesta de aula en la que se articulan elementos de orden teórico, epistemológico, pedagógico y didáctico que, desde

la racionalidad de los problemas de conocimiento, permitan la enseñanza y comprensión del desarrollo embrionario, posibilitando pasar del asombro a la capacidad de movilizar el pensamiento y promover dinámicas en las cuáles la pregunta y el cuestionamiento de la experiencia básica, le permiten a estudiantes y maestros abordar situaciones cotidianas y proponer rutas para la configuración de diversos objetos de estudio en la enseñanza de las ciencias para la educación básica.

Proceder metodológico

El presente trabajo de profundización se realizó desde el paradigma de investigación cualitativa, el cual busca comprender el desarrollo embrionario de *Dendropsophus molitor* como un problema de conocimiento y una oportunidad para reflexionar sobre la práctica educativa, tal como lo plantea Cerda. (1993) en donde “la propiedad individualiza al objeto o al fenómeno por medio de una característica que le es exclusiva, mientras que la cualidad expresa un concepto global del objeto” (p.46). De esta forma, se pretende que la interiorización en el contexto educativo de este organismo contribuya a la construcción de explicaciones y mejore e innove las practicas pedagógicas en la enseñanza de las Ciencias Naturales.

Así mismo este tipo de investigación, se caracteriza según Cerda. (1993) por:

La interpretación que se le da a las cosas y fenómenos.

Criterios de credibilidad, transferibilidad y confirmabilidad.

Utiliza múltiples fuentes, métodos e investigaciones.

Centra el análisis en la descripción de los fenómenos y cosas observadas (p.48).

Las características anteriormente mencionadas, vinculan los intereses investigativos que se desarrollan en dos aspectos, el primero es el de la profundización teórica; disciplinar y pedagógica, que brinda elementos para comprender e interpretar el fenómeno, a partir de estudios e investigaciones seleccionados y analizados, el desarrollo embrionario termina consolidándose como un campo de estudio importante en la biología del desarrollo.

A su vez, como una manera de entender las diferentes interacciones encontradas al interior de la escuela, reconociendo que este tipo de experiencias aportan en el desarrollo de habilidades científicas como la observación y la explicación de fenómenos fundamentales en los procesos de aprendizaje, así mismo reconocer al maestro como un sujeto académico que innova y propone estrategias alternativas para comprender conceptos de la enseñanza de la biología.

Igualmente, al profundizar en un conocimiento, el diálogo con diferentes autores, los debates y reflexiones, permiten seleccionar la información pertinente que aporta en las interpretaciones y comprensiones del fenómeno, también, focalizar los referentes teóricos que a medida que se van estructurando, configuran al objeto de estudio como un camino para conocer la realidad, la cual está llena de incertidumbres, de interacciones con los otros y de experiencias con lo natural.

El segundo aspecto está vinculado con el diseño, ejecución y sistematización de una propuesta de aula denominada “El mundo oculto de la rana sabanera” que se constituye en una propuesta alternativa de la enseñanza de las Ciencias Naturales, cuya base epistemológica, pedagógica y didáctica está en función de los problemas de conocimiento, la cual nace de la MDCN como respuesta a “la necesidad de diseñar propuestas de innovación e investigación, que pongan en juego alternativas didácticas y metodológicas, que permitan a los estudiantes vivenciar experiencias de construcción de conocimiento y a los maestros comprender los procesos pedagógicos implicados en dicha construcción” (Valencia et al, 2003, p. 1).

La propuesta de aula, vincula al maestro como un actor intelectual que reflexiona sobre su quehacer para transformar su práctica educativa, justamente en este ejercicio le posibilita innovar, proponer y analizar su propio rol como educador. Así como lo menciona Cerda, (1993) un docente investigador asume una actitud mental:

Es un aprender a buscar, a explicar sus efectos y consecuencias, establecer vínculos y relaciones, efectuar pronósticos, problematizar la realidad, examinar críticamente los hechos y fenómenos, verificar su falsedad o verdad. Comienza con la curiosidad y la manía de preguntarlo todo, y culmina con el cuestionamiento conceptual de una realidad compleja y contradictoria (p.22).

Por lo tanto, encontrarle un significado a los ejercicios de sistematización, parte de esa actitud propositiva e investigativa del maestro, al analizar sus prácticas posibilita un escenario de

oportunidades para configurar un discurso pedagógico y disciplinar, que cobró relevancia en el análisis que se le realizó a la presente propuesta de aula, la cual se agrupó en tres etiquetas denominadas: Los ambientes naturales y su vínculo con el aula, los montajes (ranario) y su aporte en el estudio de las condiciones de vida de los anuros, la observación y la representación en la comprensión de los cambios en el desarrollo en anuros.

En efecto, se pone en evidencia la importancia de la profundización, porque se reconoce al aula como un lugar complejo de relaciones, al docente como un intelectual reflexivo que transforma su práctica para innovar en su rol, al estudiante como sujeto de conocimiento y el papel que juegan las representaciones de ciencia en la consolidación de una propuesta de aula.

Lo anterior, muestra la importancia de una ruta de trabajo fundamentada en la problemática y los objetivos que orientan el trabajo de investigación, en ese sentido, se plantea, el proceder metodológico desde dos aspectos; El desarrollo embrionario: un diálogo con autores permitió encontrar referentes disciplinares y pedagógicos que lo constituyó como problema de conocimiento y la sistematización de “El mundo oculto de la rana sabanera”, permitió construir un discurso en donde el maestro reconstruyó las pretensiones e intenciones en el aula, con el propósito de transformar su práctica.

A continuación, se describe cada una de estas.

El desarrollo embrionario: un diálogo con autores

En este momento de diálogo con autores, se utilizó la técnica de recopilación documental, que aportó al cumplimiento del objetivo general del presente trabajo de grado, el cual consistía en, determinar aspectos experimentales y observacionales del desarrollo embrionario de *Dendropsophus molitor* y cómo contribuyen a la comprensión de su historia de vida. Dicha

técnica, “hace parte del capítulo de las fuentes secundarias de datos, o sea aquella información obtenida indirectamente a través de documentos, libros o investigaciones adelantadas por otras personas ajenas al investigador” (Cerde, 1993, p. 329).

Siguiendo la modalidad de recopilación documental, se diseña una ruta conceptual para delimitar los alcances del objetivo, enunciado anteriormente, por ello, la profundización teórica, responde a un propósito específico, basado en documentar disciplinar y pedagógicamente elementos vinculados con la comprensión del desarrollo embrionario en *Dendropsophus molitor* y su aporte a la enseñanza de las ciencias en la educación básica primaria.

Desde esta perspectiva, se diseña la profundización disciplinar en tres momentos:

Elementos teóricos y técnicos que aportan en la configuración del desarrollo embrionario como un objeto de estudio para la biología. En este orden disciplinar, se retoman elementos como la noción de continuidad, discontinuidad, cambio y organización, para configurar las bases teóricas que le dan soporte al desarrollo embrionario, se analiza lo propuesto por Aranda. (1997) respecto a la integración e individualidad que se presenta al formar un ser vivo, lo que permite relacionarla con la dinámica del desarrollo, es decir, las estructuras que se presentan en momentos específicos y de su transformación a lo largo del tiempo.

El concepto de organización abordado por Jacob (1999) se articula con la transformación de las estructuras y procesos dispuestos según la información genética que presenta la especie y finalmente las nociones de cambio propuestas por, Vera. (2017), Balinsky. (1978), Baker y Allen (1970) que resultan fundamentales en la comprensión de los acontecimientos que suceden en los diferentes estadios del desarrollo embrionario.

La reproducción de condiciones para la ocurrencia del fenómeno está conformada por dos aspectos relevantes para comprender la reproducción como un proceso fundamental para que

sucedan el desarrollo embrionario, el primero; referencia las condiciones pre-cigóticas propuestas por Steinmann & Grenat. (2020) que vincula las condiciones ambientales y comportamentales que permiten el desarrollo y crecimiento de los individuos para que sean capaces de reproducirse.

El segundo, las condiciones pos-cigóticas que articulan los procesos que acontecen dentro del huevo, como multiplicación celular, blástula, gástrula y organogénesis propuestos por Albarracín, (1983), Balinsky. (1978), Baker y Allen. (1970) autores que se retoman nuevamente pues, son pioneros en estudios de embriología. A su vez aportan elementos de orden experimental y observacional desde técnicas e instrumentos que consolidan el desarrollo embrionario como objeto de estudio para la embriología.

Estudio de caso *Dendropsophus molitor*. Para este respecto, se inició con los referentes realizados por Palacios. (1985) y Sarria. (2010), quienes llevaron a cabo un estudio sobre el desarrollo embrionario, detallando los estadios con relación a las estructuras, el tiempo y tamaño, que fueron muy pertinentes para la construcción de explicaciones en la transformación de las formas según cada estadio.

A su vez, se construyó un ranario según los parámetros dispuestos por Pramuk y Gagliardo, (2009) que brindaron elementos de orden técnico para mantener la rana sabanera en cautiverio. La intención de diseñarlo era generar el fenómeno desde la reproducción y así obtener la postura para realizar el control de los diferentes estadios, lo cual no fue posible, por ello, se mantuvo la rana en estado adulto y se controló la alimentación en vivo para garantizar que el macho mantuviera su nivel energético dispuesto para la reproducción.

Lo anterior, brinda un mayor significado a lo experimental y observacional, dado que, se artificializan las condiciones para mantener en cautiverio la especie en estudio, al interactuar

directamente, se despierta la curiosidad, se transforman las representaciones, y aporta en la construcción de explicaciones. En este sentido “el sujeto se provee de elementos para la construcción de objetos de conocimiento y define estrategias para establecer variables, construir relaciones y derivar principios en su tránsito hacia la comprensión sistemática de los fenómenos” (Valencia et al, 2003, p. 4).

Por otra parte, hablando de la profundización pedagógica se diseñó desde los siguientes aspectos:

- Problemas de conocimiento, en este se destaca la categoría alternativa de enseñanza propuesta por Valencia et al. (2003) que se fundamenta en referentes epistemológicos, pedagógicos y didácticos que buscan generar intervenciones de aula innovadoras, en donde se concibe la ciencia como una actividad cultural, porque vincula los saberes, las experiencias y creencias. En consecuencia, la propuesta de aula se fundamenta en esta categoría.
- Observación y representación, estos consolidan un referente notable en el proceso de construcción y deconstrucción de representaciones, las cuales están vinculadas con las experiencias, que terminan siendo parte de la acción de observar, bajo esta premisa, se fundamenta la postura de Hanson. (1977) y de Hacking. (1996) que aportan en ese cruce de lo disciplinar y lo pedagógico, para construir explicaciones en torno al fenómeno.

Ranarios y la enseñanza del desarrollo embrionario, para este respecto se consolidó con la profundización disciplinar, en el estudio de *Dendropsophus molitor*, no obstante, los aportes de Grilli, (2017) sobre la importancia moral y ética de los bioterios en la enseñanza de las ciencias naturales, fueron fundamentales porque permitió hacer una distinción entre un terrario y el

manejo de material vivo en las aulas. También, los problemas de conocimiento fueron cruciales en el momento de la artificialización, por ello se retoma nuevamente lo propuesto por Valencia et al. (2003).

Los clubes de ciencia, se constituyen para la propuesta de aula de la presente investigación, un factor de orden contextual del colegio Anglo Americano, en donde se desarrolló la propuesta de aula, la cual se abordó con estudiantes de diferentes edades y grados de escolaridad en básica primaria, porque permitió conformar un club de ciencias denominado “Los Herpetocuriosos”, basado en lo propuesto por Sossa et al. (2010), Cubides et al. (2011), Tuay et al. (2017) que consiste en el desarrollo de habilidades científicas y en despertar gusto, creatividad e interés por la ciencia.

La sistematización del “mundo oculto de la rana sabanera”

La propuesta de aula está fundamentada en los problemas de conocimiento como estrategia para la enseñanza de las ciencias, que se basan en tres elementos constitutivos: el cuestionamiento de la experiencia básica, la artificialización del mundo natural y la complejización de las relaciones, en esta perspectiva se realizó el diseño, que orientó las actividades planteadas para los estudiantes y buscó responder al siguiente objetivo específico, diseñar, implementar y sistematizar una intervención de aula acerca del desarrollo de *Dendropsophus molitor* como aporte a la comprensión de su historia de vida, con estudiantes de básica primaria.

De esta manera, se consolida la propuesta denominada “El mundo oculto de la rana sabanera” cuyo objeto de estudio es el desarrollo embrionario en *Dendropsophus molitor*, la cual esta dividida en 4 fases o trayectos: el primero del colegio a la huerta, un acercamiento para reconocer

las condiciones ambientales en las que vive la rana sabanera, el segundo, de la huerta al ranario, se configura los parámetros para la construcción de un ranario, el tercero de la rana al huevo, se desarrolla una observación y modelación de los huevos en diferentes estadios, finalmente, el cuarto, puesta en común y complejización de relaciones, en donde el club de los Herpetocuriosos hacen una nota periodística, en donde ellos demuestran las explicaciones construidas relacionadas con el fenómeno.

Cada una de las actividades se registraron en una cartilla de trabajo por parte de los estudiantes, la cual se describe en detalle en el capítulo de intervención en el aula. Otros medios que son evidencian de todo lo sucedido en la implementación en el aula fueron, fotos, videos y registros blandos de las maestras durante la interacción con los estudiantes.

Como ejercicio analítico y critico frente a la intervención en el aula, se realizó la sistematización de experiencias, al constituirse en una reflexión sobre el quehacer docente, de producción de conocimiento y de discursos que integran lo teórico y lo práctico, configurando así, al maestro como un agente transformador de su realidad, de esta manera “la sistematización es un proceso permanente, acumulativo, de creación de conocimientos, a partir de nuestra experiencia de intervención en una realidad social” (Barnechea et al, 1992).

Por lo tanto, al desarrollar el ejercicio de sistematización, se identifican enfoques, tendencias o agrupamientos respecto a los registros, por ello, las discusiones, debates y diálogos que se generaron en espacios como las asesorías y los diferentes seminarios de la MDCN, fueron fundamentales para delimitar los alcances, sentidos y analizar todo lo que aconteció en la intervención en el aula. Posteriormente, se cruzaron elementos de orden disciplinar, pedagógico

y metodológico que permitieron estructurar las etiquetas con sus respectivos análisis, interpretaciones y cuestionamientos frente a lo desarrollado en el aula, lo cual aportó significativamente en la construcción de una producción discursiva que contribuyó al reconocimiento de experiencias propias y de otros, al empoderamiento de los conocimientos construidos y a reflexionar constantemente desde las aulas.

Dicho todo lo anterior, se realiza un diagrama que sintetiza el proceder metodológico (ver figura 1).

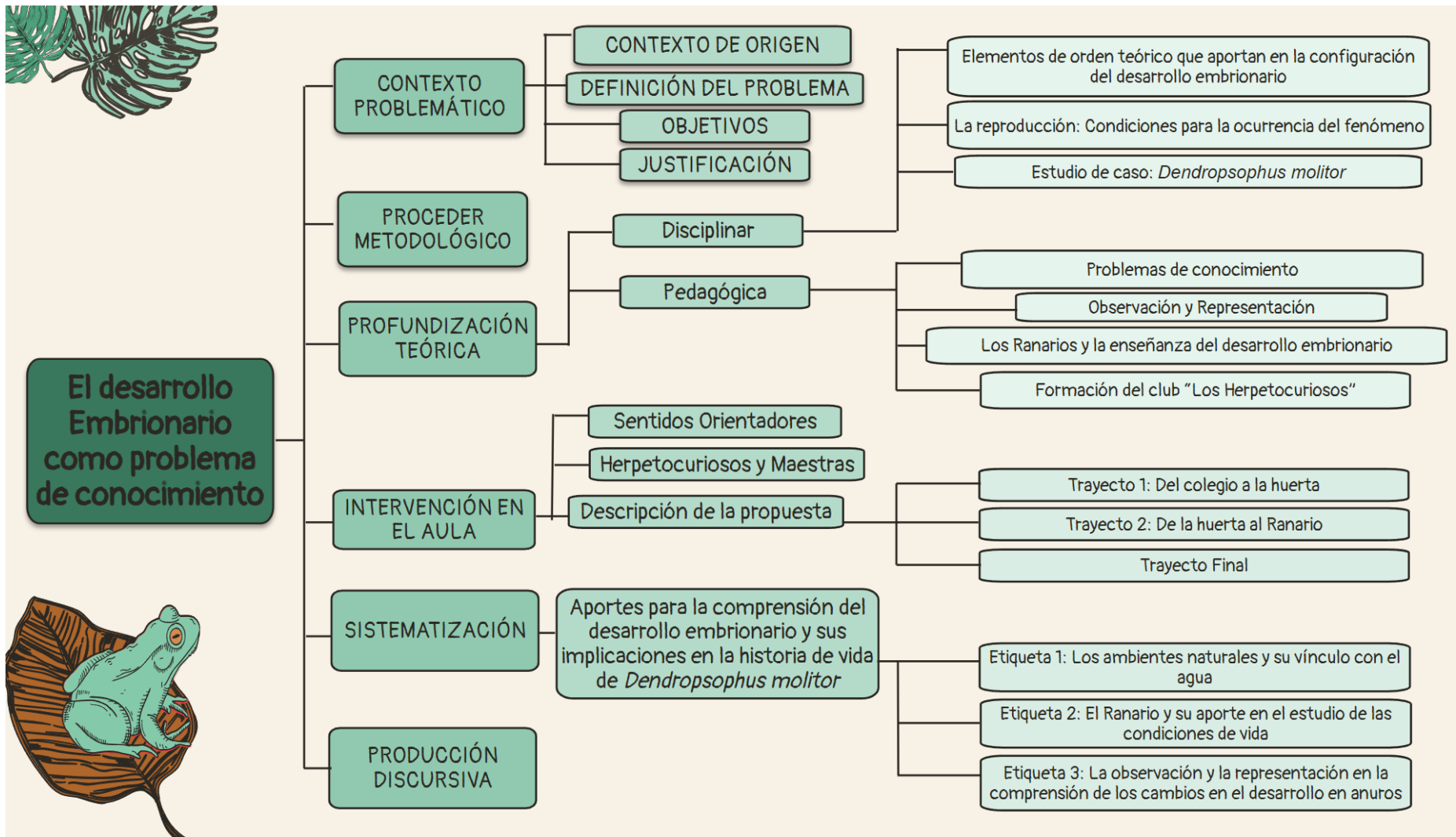


Figura 1. Proceder metodológico del trabajo de grado (elaboración propia).

Profundización teórica disciplinar

La práctica educativa implica la puesta en escena de un conjunto de dimensiones propias del docente, dentro de las cuales se destacan un saber disciplinar, un saber pedagógico y un saber didáctico, que al enfrentarse a cambios generacionales, sociales y culturales requiere de una actualización permanente y una búsqueda continua de materiales, estrategias y recursos, que permitan hacer de la enseñanza un espacio de construcción permanente, involucrando a todos los actores que participan en ella.

Las páginas a continuación se encargarán de fortalecer la dimensión disciplinar anteriormente mencionada a través de una profundización teórica, que busca inicialmente relacionar las nociones de cambio, continuidad, discontinuidad, organización. Posteriormente realiza un recorrido histórico que describe la construcción de la embriología como ciencia y establece un diálogo con diferentes autores, mediante el cual se transforma la imagen de la enseñanza para este saber y permite involucrarlo en un escenario educativo alternativo con el cual se pretende despertar el interés, la curiosidad y potencializar la capacidad de asombro de niños, frente a este aspecto.

Elementos de orden teórico que aportan en la configuración del desarrollo embrionario como un objeto de estudio para la biología

Continuidad y discontinuidad.

El desarrollo embrionario entendido como los procesos que acontecen desde la fecundación hasta la eclosión del huevo o el alumbramiento, según el grupo de seres vivos que se estudie, presenta formas que tienden a mantenerse con el tiempo y por otro lado procesos individuales para cada organismo. Según esto, es pertinente abordar los conceptos de continuidad y discontinuidad con

el fin de ampliar y complejizar las comprensiones frente a este saber, como plantea Aranda, (como se citó en Toledo, 1997)

Para comprender la continuidad y la discontinuidad se hace importante considerar a los organismos como “entidades íntegras, enteras desde la perspectiva aristotélica, es decir que no son simplemente reductibles a la suma de sus partes, que se distingue de un trasfondo y constituye la manifestación de discontinuidades en las propiedades del medio”. (p. 73).

De esta manera, el concepto de discontinuidad cobra relevancia para la comprensión del desarrollo embrionario, dado que, durante éste, se presentan procesos de diferenciación celular y formación de estructuras definidas entre un estadio embrionario y otro, tal es el caso de la formación de blástula media a gástrula tardía y pliegue neural, que se presentan durante los primeros estadios dando paso a estadios posteriores que complementan la configuración del embrión.

Para el caso particular de la especie *Dendropsophus molitor* el desarrollo embrionario refleja lo discontinuo en un intervalo de 132 horas, en las cuales suceden diferenciaciones, segregaciones y plegamientos, que se distinguen en 24 estadios, en los cuales se involucran fenómenos moleculares, citológicos, histológicos y organogénicos, que permiten la formación de estructuras anatómicas que van a posibilitar que ese individuo llegue a ser un adulto.

Por su parte, la continuidad refleja los aspectos que permanecen, tomando como referente a Thom citado en Aranda (1987), se hace alusión a:

Las teorías morfológicas contemporáneas como aquellas que estudian los fenómenos que representan un *continuo*, con el objetivo de precisar los agregados espacio temporales que pueden ser conformados por tales elementos de *manera estable y repetitiva*. En el ámbito de la biología, las células se agregan para formar tejidos; los tejidos forman órganos y los órganos estructuran el organismo vivo. Es decir, que lo continuo representa lo estable y lo repetitivo, pues obedece el

orden natural de los fenómenos, en un espaciotemporal visto desde las teorías morfológicas contemporáneas, es una manera de explicar la formación o desaparición de las formas (p. 109).

En ese sentido, el desarrollo embrionario se considera continuo dado que las formas permanecen de una generación a otra en la que se originan individuos genéticamente similares que mediante los procesos de reproducción garantizan la continuidad de la especie.

Desde lo anteriormente descrito, la continuidad y discontinuidad son referentes que posibilitan elementos discursivos de orden teórico para dar cuenta de las características que permanecen y las particularidades que se suscitan en el desarrollo embrionario.

Nociones de forma

Los elementos discursivos que se generan a partir de las nociones de continuidad y discontinuidad descritos en párrafos anteriores, incorporan la noción de forma, haciendo necesario abordarla como concepto, dada su importancia para la complejización del desarrollo embrionario, es así que, las formas específicas de un organismo fueron estudiadas por diversas disciplinas en especial algunas teorías matemáticas en las que se plantea que la discontinuidad, parte de una escasa representación matemática, como lo postula Aranda, (1987) al considerar que:

Una forma es algo que se distingue de un trasfondo y constituye la manifestación de una discontinuidad en las propiedades del medio pone de manifiesto una dificultad en la precisión, exactitud y predicción de ciertos fenómenos, problema del cual se interesó Thom, quien propone un sistema de modelos matemáticos capaces de dar cuenta de la existencia y estabilidad de las formas, de su creación y desaparición, lo que equivale a una teoría general de la morfogénesis (p. 110).

Por consiguiente, Thom (como se citó en Aranda 1987) desarrolla el concepto de forma, mediante la observación de la gastrulación del embrión de rana, identificando este proceso como

aquel en el cual el embrión pasa al estado de blástula, caracterizado por la presencia de una sola capa o lámina de tejido, al estado de gástrula que se caracteriza por la presencia de tres capas o láminas de tejidos distintos: ectodermo, mesodermo y endodermo. La transición de blástula a gástrula es lo que él denomina modelo topológico a imagen de un pliegue asociado con una singularidad matemática.

Estas descripciones muestran un proceso que, aunque a simple vista aparezca como repetitivo, es de resaltar que la variedad de fenómenos y formas que se presentan en lo vivo, son el resultado de pequeñas singularidades, para las cuales se retoman el concepto de forma como la estructura específica que presenta un organismo en cada etapa de su historia de vida.

Nociones de cambio

La comprensión del desarrollo embrionario requiere reconocer el concepto estructurante de cambio, al dar cuenta de las transformaciones morfológicas, fisiológicas y bioquímicas, se reúnen elementos teóricos, experimentales y técnicos que aportan a las nociones de cambio, presentes en las explicaciones que se han abordado en los problemas de la embriología.

El cambio según Jacob, (como se citó en Vera 2017), está considerado desde 3 dimensiones la continuidad, la inestabilidad y la contingencia, el primero hace referencia a la propiedad de lo viviente de originarse de algo semejante y las características que permanecen a diferentes escalas, el segundo se relaciona con la variación que se presenta por fuerzas ejercidas por la naturaleza o la posibilidad de heredar las mutaciones a la descendencia y el tercero como la carencia de un propósito en los fenómenos que se dan en los organismos o poblaciones.

De acuerdo con lo anterior, la noción de cambio pertinente para el presente trabajo acude a los adelantos realizados por Jacob, atendiendo al desarrollo embrionario como un proceso continuo en el que se origina un individuo semejante a su progenitor con características morfológicas que

permanecen, inestable al estar sujeto a condiciones ambientales que pueden afectar su desarrollo y contingente dado que no existe intencionalidad en sus procesos.

Por tanto, los cambios que se presentan durante el desarrollo embrionario de estadio a estadio son evidenciado desde el momento cero, es decir, el ovulo sin fecundar hasta la formación del renacuajo, las transformaciones son evidenciadas gracias a instrumentos y técnicas que permiten hacer un seguimiento en todo lo que acontece dentro del huevo.

Para este respecto, se explican las transformaciones que presenta el individuo que se está formando, enfatizando en los tipos de células, los procesos de diferenciación, división, movimiento y patrones morfológicos que permiten el desarrollo en tres etapas fundamentales: segmentación, gastrulación y organogénesis. En palabras de Aranda, (1987):

Los cambios en la forma, adherencia y movimiento celular, en conjunto con los cambios metabólicos que tienen lugar durante la diferenciación celular, son responsables del proceso de morfogénesis por medio del cual se establece la forma y contorno del embrión (p. 14).

Para Vera, (2017) “el cambio juega un papel fundamental, cambio comprendido no solo como las diferencias entre ciertos momentos de la existencia de lo vivo, sino como una noción compleja en la que se articulan las permanencias, las variaciones y el programa presente en cada ser vivo” (p.75). Es así como el interés aquí se enfoca en las transformaciones (cambios) que tienen lugar en los procesos biológicos, que se presentan a lo largo del desarrollo embrionario de un individuo.

Si bien, el cambio es más perceptible en la forma externa de los individuos, los argumentos anteriormente expuestos permiten reconocer cómo pequeñas variaciones moleculares pueden trascender en cambios estructurales en un individuo, muchos de estos cambios se pueden

presentar en tan solo un estadio del desarrollo embrionario y representarse en toda su historia de vida, he aquí la relevancia que cobra el concepto de cambio en el presente trabajo.

Una característica en común de todas las ciencias y por la naturaleza de este escrito con mayor énfasis la Biología y dentro de ella la embriología, es dedicar sus esfuerzos al estudio de las variaciones que se presentan en los organismos y los ambientes, desde todas las dimensiones posibles, como lo menciona Jacob (1999):

Hacer biología consiste en estudiar las variaciones de ciertos parámetros en respuesta al cambio, natural o provocado, de otro parámetro. De ahora en adelante, todos los esfuerzos de los biólogos, todo su ingenio y sus iniciativas, se encaminan a encontrar la manera de aislar una de las variables, inventar una técnica para perturbarla de manera calculada y medir los efectos sobre las demás variables (p. 103).

Es así como los cambios que se presentan en el tiempo generan patrones de organización que responden a dinámicas particulares frente a las exigencias que el ambiente genera sobre los individuos. En el plano de la evolución, las explicaciones se constituyen desde los cambios que se presentan a un nivel de sistema desde un continuo, que puede ser, por ejemplo, los genes dispuestos en las células, cuando ocurre una variación en las proteínas por las cuales está formado el ADN, la organización responde generando un cambio (discontinuo), desde la perspectiva de Jacob (1999):

La palabra evolución sirve para describir los cambios que acontecen entre sistemas; porque lo que evoluciona no es la materia, confundida con la energía en una misma permanencia, sino la organización, la unidad de emergencia siempre capaz de unirse a sus semejantes para integrarse en un sistema que la domina (p. 252).

Es así, que las variaciones pueden ir desde lo molecular hasta lo evolutivo de esta manera se representa cómo los seres vivos han permanecido o desaparecido en un espacio tiempo.

Balinsky, (1978) retoma la noción de cambio de Jacob, ambos referencian los cambios desde una perspectiva de organización, que no solamente es interpretado desde una noción de pasos consecutivos, sino una serie de interacciones complejas, que van desde el material genético dispuesto en las células, hasta procesos de selección natural. Balinsky, (1978) pone en consideración:

Los pasos consecutivos que conducen a la fecundación del óvulo y los cambios que ocurren en éste durante la fecundación y después de ella, insistiendo principalmente en los aspectos de la fecundación que contribuyen a la transformación del huevo en un nuevo organismo (p. 75).

Desde esta perspectiva, ampliar la mirada del desarrollo embrionario no puede basarse en la mera descripción de pasos, en lugar de esto debe centrar su atención en las explicaciones que giran en torno a la organización que puede existir en los diferentes momentos del desarrollo del individuo. Como lo menciona Balinsky (1978):

El término desarrollo puede aplicarse también legítimamente a la transformación histórica gradual de las formas de vida empezando con las formas simples, que es posible hayan sido las primeras en aparecer y, pasando a la diversidad contemporánea de la vida orgánica en nuestro planeta (p. 4).

Por otra parte, Baker y Allen. (1970) presentan la noción de cambio ligada a una fuerte mirada evolucionista, predominando la ley biogenética, la filogenia y la ontogenia en las cuales se fundamentan las explicaciones frente al desarrollo embrionario “si los cambios fueron considerables para las formas adultas, fueron aún mayores para el huevo” (p.427). Mediante esta afirmación relacionan las formas adultas de los anfibios, con unas condiciones particulares para los ambientes terrestres, son sus huevos en los que se evidencian el vínculo que mantienen con el

medio acuático, relación que también refleja la línea filogenética que los representa y las características que comparten con sus antecesores evidenciando así la ontogenia².

Sin embargo, las transformaciones que se presentan al interior del huevo son fundamentales para desviar la línea filogenética de parentesco con otros grupos. Por nombrar un ejemplo; en la evolución de los huevos, los anfibios mantienen una relación con el agua brindándole al huevo ventajas de amortiguación, a diferencia de aquellas especies que presentan una oviposición terrestre, estos últimos desarrollan una cubierta resistente a la evaporación y porosidad, membranas embrionarias (alantoides, amnios y saco vitelino), estructuras que no son necesarias para los huevos cuya postura se realiza en el agua. (Baker y Allen. 1970)

Estas características mantienen una estrecha relación con la línea filogenética que comparte el grupo de los anuros y a su vez muestran cómo en su desarrollo embrionario se percibe los diferentes procesos que son comunes a muchas especies, siendo así una muestra fehaciente del proceso evolutivo.

El estudio analítico de los procesos que tienen lugar dentro del huevo da cuenta de la historia de muchos organismos, como menciona Jacob. (1970):

A través del análisis del desarrollo embrionario en las más variadas de las especies, la embriología reencuentra en el mundo vivo la discontinuidad puesta ya de manifiesto por la anatomía comparada. Comparando la segmentación del huevo, el movimiento de las hojas embrionarias, el orden de la aparición de los diferentes órganos (p. 99).

De las descripciones anteriores, el concepto de cambio representa un papel fundamental para este trabajo, dado que en el desarrollo embrionario la variedad de formas, estructuras, desarrollos y

² Entendiendo la ontogenia como el estudio del desarrollo del individuo (de cualquier especie), refiriéndose especialmente al periodo embrionario; y filogenia es la parte de la biología que se ocupa de las relaciones de parentesco entre los distintos grupos de seres vivos y, desde el punto de vista de la biología, se encarga de estudiar el origen y el desarrollo evolutivo de las especies. (Betancur, 2008, p.44)

procesos, son notorias en un periodo relativamente corto dentro de la historia de vida del individuo, es muy amplio. Del éxito de estas transformaciones y cambios depende la supervivencia, desde esta mirada evolucionista se logra vislumbrar la noción de cambio que permite explicar la continuidad y discontinuidad de formas, mediadas en un plano de organización.

Es así como la noción de cambio cobra relevancia y permite reconocer cómo los fenómenos que se desarrollan al interior del huevo merecen ser estudiados a detalle, que brindan elementos discursivos de orden teórico para la complejización de relaciones frente al desarrollo embrionario como objeto de estudio y resaltan su potencial en los procesos de cambio de los seres vivos, determinando a su vez las posibilidades de supervivencia.

Noción de Organización

Generar explicaciones en torno al desarrollo embrionario implica tener presente la noción de organización atendiendo a diferentes órdenes como lo propone Jacob: superficies visibles, órganos y funciones, células, cromosomas, genes y ADN, órdenes que fueron apareciendo desde el siglo XVII en función de instrumentos, técnicas y teorías que posicionaron a la embriología como un campo de estudio fundamental para la Biología. En síntesis, Jacob, (1997) propuso cuatro órdenes:

En el siglo XVII, la disposición de las superficies visibles, lo que puede llamarse estructura de orden uno; después, a finales del siglo XVIII, la «organización», la estructura de orden dos, que engloba órganos y funciones y termina por resolverse en células; a continuación, a comienzos del siglo XX, los cromosomas y los genes, la estructura de orden tres, oculta en el corazón de la célula; finalmente, a mediados de este siglo, la molécula de ácido nucleico, la estructura de orden cuatro, sobre la que hoy descansa la conformación de todo organismo. El análisis de los seres vivos viene a converger sucesivamente sobre cada una de estas organizaciones” (p. 19).

Frente a esto, la organización implica establecer relaciones e interacciones que posibilitan que el organismo sobreviva y tenga la oportunidad de reproducirse para dar continuidad a la especie, Jacob. (1970), enfatiza que “la organización es la que reúne en un todo las partes del organismo, la que permite a este hacer frente a las exigencias de la vida, la que distribuye las formas en el seno del mundo vivo” (p. 63).

En consecuencia, el desarrollo embrionario, responde a la noción de organización describiendo los procesos que tienen lugar desde la fecundación hasta la eclosión del renacuajo, sin estudiar de manera aislada los procesos que acontecen en cada uno de los estadios, por el contrario, se relacionan para comprender la consecución de los eventos que posibilitan la configuración de un nuevo individuo. En consecuencia, el desarrollo embrionario, responde a la noción de organización describiendo los procesos que tienen lugar desde la fecundación hasta la eclosión del renacuajo o el alumbramiento, sin estudiar de manera aislada los procesos que acontecen en cada uno de los estadios, por el contrario, se relacionan para comprender la consecución de los eventos que posibilitan su configuración.

Lo anterior, requiere que la mirada frente al fenómeno del desarrollo embrionario se complejice, al describir los estadios posteriores a la fecundación, relacionando la función que no es independiente de todo el sistema que lo constituye, se trata de apreciar las relaciones entre forma-función como una unidad, en un todo, durante un proceso que parte de la combinación de la información de los progenitores.

A continuación, se muestran algunos elementos que contribuyeron y aportaron para la constitución de la ciencia del desarrollo o embriología y se consolidan elementos epistemológicos que aportan al análisis discursivo.

Desde esta perspectiva los anuros configuran un grupo que da cuenta de la noción de organización, si bien hay unas estructuras continuas para el caso de este grupo, su metamorfosis y todo lo que emerge allí, da cuenta de una organización que se posibilita desde la química de lo viviente, pasando por proteínas, cromosomas que están en el centro de la célula como estructura invisible que va a ser la base fundamental para las siguientes formas que se configuran según lo dispuesto en su información genética.

Por lo anterior, como lo menciona Toledo. (2016), se hace evidente una estrecha relación con la noción de continuidad, dado que existe un almacenamiento de instrucciones para el desarrollo del organismo contenidas en el ADN del cigoto, las cuales se materializan en la expresión de los genes, sin embargo, a pesar de que están programadas genéticamente, están en constante variación consolidando al organismo como una entidad cuya organización fluctúa entre la integración, vista desde la noción de continuidad, y la individualidad entendida desde la noción de la discontinuidad, es decir, entre la homogéneo y la diferenciación de su morfología, tal como lo describe Von Baer (como se citó a Gould, 2010) “[...] un proceso de individualización; avanza desde lo general a lo especial; es una verdadera diferenciación de algo útil a partir de un estado inicial común a todos.” Gould, (como se citó a Toledo, 2016). Todo lo descrito hasta el momento, deja ver la necesidad de relacionar las nociones de continuidad-discontinuidad, cambio, forma y organización para la complejización del desarrollo embrionario como objeto de estudio.

Aportes experimentales y observacionales del desarrollo embrionario: una mirada histórica

El saber disciplinar del docente, se enriquece en su proceso de formación continua, vinculando los desarrollos teóricos que surgen en su campo de acción, y durante la experiencia dada por la práctica pedagógica, por tal motivo esta, dimensión se presenta en permanente construcción,

atendiendo a los diversos saberes que son abordados en el aula y la preparación que estos requieren para su proceso de enseñanza. Es así como el referente disciplinar que posee el docente y la comprensión del contenido específico, demanda reconocer los aspectos históricos y epistemológicos que ha permitido su desarrollo y por tanto es deber del docente incorporarlos en los procesos de enseñanza aprendizaje desde una perspectiva crítica y relacional para resaltar su importancia.

De esta manera, con este apartado se pretende realizar una aproximación a la historicidad del concepto de embriología y los aspectos relacionados a nivel experimental y observacional, así como los instrumentos y técnicas que permitieron que la embriología constituyera un cuerpo de conocimiento de relevancia para la enseñanza.

En un principio se menciona la contribución de Aristóteles, con planteamientos iniciales sobre anatomía comparada, indispensables en la consolidación de la embriología. Las observaciones que realizó frente al comportamiento de la cría del bagre, la acción del espermatozoide, el ciclo menstrual, los efectos psicosomáticos de la castración, la pubertad, la gestación, la incubación artificial, la alimentación del embrión y el desarrollo del embrión de pollo. (Romero, 2015). Dan cuenta de los organismos que fueron seleccionados como insumo para desarrollar prácticas experimentales y observacionales, entonces el huevo de pollo se convierte en un ejemplar adecuado para conocer lo que acontece dentro de este, sus mecanismos de reproducción (reproducción interna y la incubación) y las condiciones ambientales que necesita, lo hacen un organismo interesante para describir, para el caso del bagre, este presenta reproducción externa y huevos con vitelo transparente que posibilita hacer un registro más detallado a partir de la observación directa.

Frente al planteamiento Aristotélico, (Baker y Allen, 1970). mencionan que su pensamiento, estaba en función de los epigenistas que consideraban que el embrión se desarrollaba por diferenciación de las diversas partes del cuerpo a partir de materia sin forma, siendo esto un precedente que marcó el pensamiento de la embriología. Con los estudios que desarrolló Aristóteles, se empiezan a configurar corrientes de pensamiento; los epigenistas y los preformistas que desde sus planteamientos buscaban todos los medios experimentales para demostrar la veracidad de sus argumentos.

Entre 1820 a 1885 la atención se centra en las formas de concepción, las células presentes en el proceso de fecundación y los comportamientos reproductivos del hombre y la mujer, este era un tema que interesaba mucho a la comunidad científica, y sobre el cual se desarrollaron numerables escritos. Para dicha época se configuró una corriente de pensamiento denominada los epigenistas, que explicaban el fenómeno de la fecundación, como una mezcla en la que participan los dos padres en la fabricación de un individuo, aportando cada cual en una simiente. (Giordan, 1988).

Por otra parte, están los preformistas según (Giordan,1988). planteaban que solo un progenitor provee el principio esencial de la generación, esta corriente de pensamiento se dividía en dos: los ovistas que suponen que la criatura ya está formada en el óvulo y los animalculistas por el contrario pensaban que existían en el espermatozoide.

Las corrientes de pensamiento anteriormente mencionadas dejan vislumbrar una fuerte tendencia por dar explicación al origen de los individuos, desde los procesos generados en las células reproductivas, los niveles de organización y sus interacciones, los periodos de tiempo en los

cuales es posible la fecundación o quien aporta en la formación del embrión; sí el padre o la madre. Planteamientos que resultan interesantes y complejos de explicar para la época, los cuales permitieron incursionar en estudios sobre la fecundación, la formación del embrión y las etapas del desarrollo embrionario.

Los estudios que se surgen posteriormente con diferentes especies mantenían sus posturas bajo el pensamiento preformista y epigenista, no obstante Karl Ernest von Baer, desde sus argumentos y demostraciones experimentales, rompió con esas formas de pensar, proporcionando planteamientos interesantes para el desarrollo embrionario, es así que, Balinsky, (1978) referencia que:

Durante los siglos XVII y XVIII se realizaron muchas observaciones sobre el desarrollo de varios animales en especial insectos y vertebrados, sin embargo, los datos presentados por primera vez por Karl Ernest von Baer permitieron una transformación de un conocimiento preformista a un conocimiento del desarrollo ontológico, planteamiento que posteriormente aportaron a las teorías propuestas por Darwin (p. 07).

El principio de Von Baer, es un postulado importante que permitió clarificar varias explicaciones en torno al desarrollo embrionario, según Balinsky, (1978), esta teoría se puede definir como:

Los rasgos comunes de los grandes grupos de animales son los primeros en desarrollarse durante la ontogenia. Sin embargo, a la luz de la teoría de la evolución, estos rasgos son los que heredan del antepasado común del grupo animal en cuestión; por lo tanto, tienen un origen antiguo. Los rasgos que distinguen a los diversos grupos de animales entre sí son los que han adquirido posteriormente en el curso de su evolución (p. 08).

De manera complementaria, para el siglo XIX surge la teoría de la biogenética que contribuyó de manera significativa a la biología del desarrollo, particularmente a la embriología con los postulados de Frist Muller y Ernst Haeckel, que como explica Balinsky, (1978), “se afirma la ontogenia recapitula la filogenia. Traducida en un lenguaje simple, esto significa que el

desarrollo del individuo (ontogenia) repite (recapitula) el desarrollo de su grupo (filogenia)” (p. 8).

Dadas las semejanzas en los primeros estadios del desarrollo embrionario, se reconocen comparaciones anatómicas importantes para relacionar parentescos entre grupos de seres vivos, que se vinculan con un ancestro en común, esto resulta siendo fundamental en las evidencias que ratifican la teoría de la evolución, particularmente para la embriología que establece sus bases teóricas en ella, pues la biogenética es un concepto que se toma desde la noción de la evolución y de la embriología, de esta manera Baker y Allen, (1970), refieren que:

La ley biogenética es el resultado del estudio de los embriones en el desarrollo de los animales complejos. Se identificó que todos los embriones empezaban como una sola célula. Por lo tanto, se pensó que así había empezado la evolución de todos los animales. Más tarde el embrión toma la forma de un saco hueco (la gástrula) con dos capas principales de células. Los animales del phylum Cnidaria cuando son adultos tienen esta misma forma. Después el embrión desarrolla una tercera capa, el mesodermo, que en un principio es relativamente poco especializado. Los animales del phylum platelminto exhiben ese diseño anatómico, Muchos estados del desarrollo embriológico parece que están representados por un grupo de animales con un diseño anatómico similar (p. 419).

Es así como la ontogenia ha permitido evidenciar el desarrollo que se presenta desde la fecundación hasta la formación del embrión, cuyos aportes fueron importantes para complementar la teoría de la evolución, con la que se demostró el cambio que presentan las especies a través del tiempo.

A continuación, se presenta en la figura 2 un esquema que resume algunas corrientes y personajes que fueron fundamentales en la construcción de la embriología como ciencia

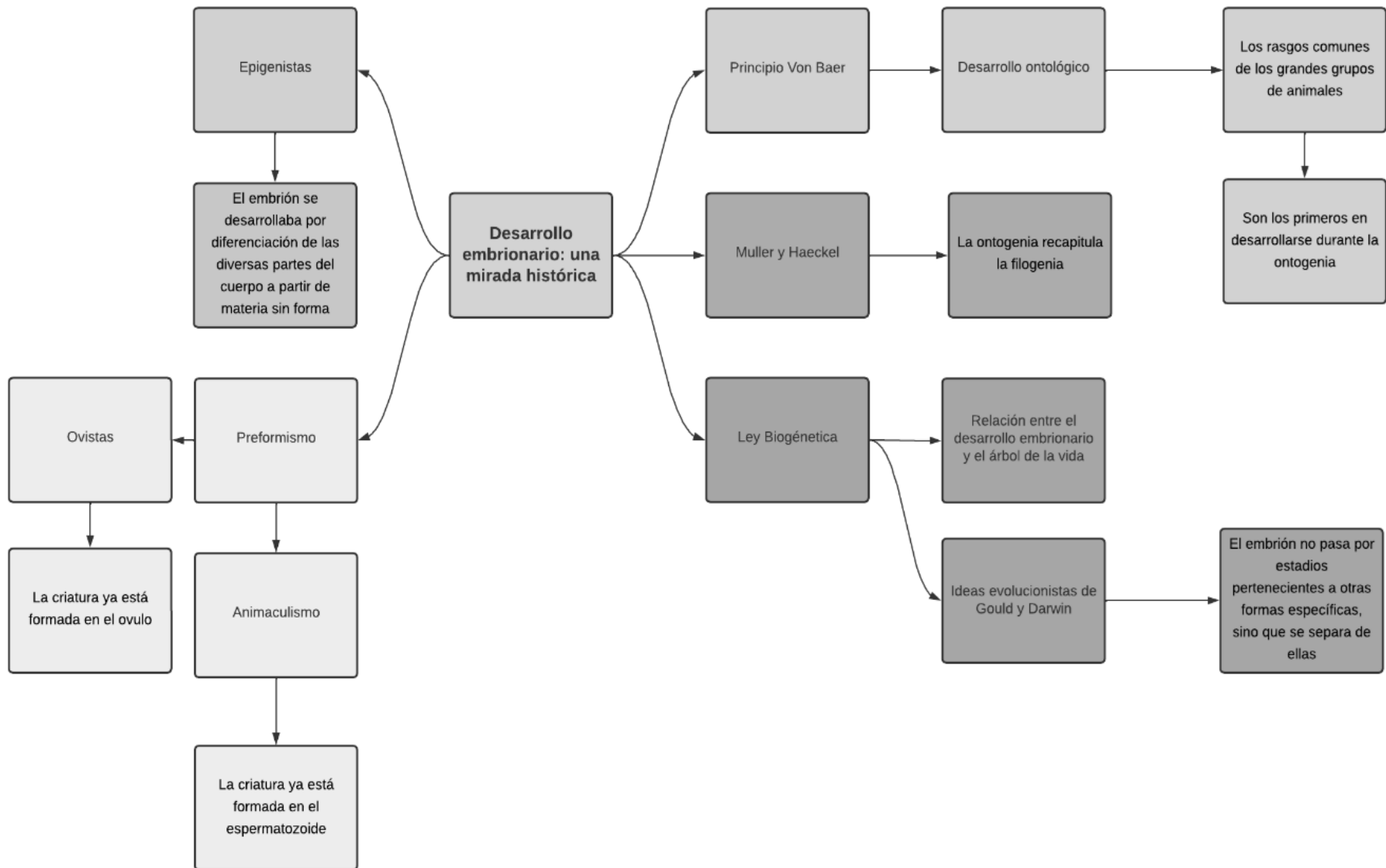


Figura 2. Esquema de Corrientes y personajes en la construcción de la embriología como ciencia.

La importancia de las técnicas e instrumentos en el desarrollo de la embriología

El desarrollo de instrumentos como el microscopio y técnicas para la observación aportaron elementos para el desarrollo de la embriología, permitiendo mayor detalle en el estudio de las estructuras y procesos, desde esta perspectiva se hace relevante incorporar referentes de orden técnico-instrumental que contribuyeron a la construcción de la embriología como cuerpo de conocimiento, que serán descritos a continuación.

Para empezar, se debe reconocer que el desarrollo y el perfeccionamiento de **instrumentos como el microscopio** permitieron ampliar los estudios sobre diversas estructuras, que a su vez consolidaron teorías y estudios, tal es el caso de la teoría celular, como describe Albarracín. (1983) quien muestra el aporte del primer polarizador para el perfeccionamiento del microscopio:

La invención del primer polarizador por Nicol en 1828, había hecho ver la importancia que la luz polarizada tenía para el perfeccionamiento del microscopio, y bien pronto las aportaciones de Talbot, Seebeck, Muller, Babinet y Norrernberg permitieron disponer de instrumentos ópticos con polarizador, que ampliaban el conocimiento de las estructuras microscópicas, como pudo demostrar Valentin en sus célebres investigaciones en tejidos animales y vegetales con luz polarizada (p. 205).

Del mismo modo **técnicas como la disección** se complementaron con **artefactos** como el “microtomo instrumento capaz de hacer cortes finos que permitieran observar estructuras que dependiendo del grosor se detallaban y se observaban con mayor precisión” (Albarracín, 1983, p. 206). Este instrumento, permitió la preparación de muestras de embriones para realizar un registro preciso sobre las etapas del desarrollo embrionario, los cambios que suceden en el huevo, las estructuras y la organización para comprender cómo, a partir de una célula, se iba formando un organismo.

En adición, **la tinción aparece como una técnica complementaria para la observación**, es así, que los cortes histológicos que permitió el microtomo posibilitaron la observación de estructuras con determinados colorantes, para este propósito se utilizaron diferentes sustancias, que permitieron la observación de estructuras gracias a la afinidad química con ellas, tal como lo menciona Albarracín. (1983):

Mostrando que determinados elementos tisulares poseen una afinidad especial para colorantes específicos: eosina, fucsina, safranina, hematoxilina ácida, vesuvina, violeta de genciana, azul de metileno, fue ampliamente incorporada a las técnicas de Weigert, Flemming y otros muchos (p.207).

Desde lo señalado, la importancia de las técnicas tintoriales, se deba a que hacen visibles los objetos que a simple vista pasan desapercibidos, revelando formas y tamaños, permitiendo establecer comparaciones, realizar descripciones de tipo morfológico, citológico y fisiológico y así mismo definir criterios y protocolos para la observación de material biológico, entre otros. Estos procesos de refinación de los instrumentos y técnicas complementaron los desarrollos teóricos para de diferentes disciplinas como la biología celular, anatomía o genética que contribuyeron a la embriología y aportan referentes importantes para el tratamiento del desarrollo embrionario como objeto de estudio.

En consonancia con lo descrito, los anuros representaron un grupo particularmente pertinente, dada la naturaleza de sus huevos, que posibilitaron la observación detallada de los cambios que se presentaban en el embrión sin intervenir en su desarrollo. Este grupo presenta en su desarrollo embrionario de 22 a 27 estadios dependiendo de los criterios del observador, en los cuales existen variaciones significativas en las primeras horas después de la fecundación, cada etapa del desarrollo está acompañado de procesos de división celular, plegamientos, movimientos, formación y desaparición de estructuras.

Por citar un estadio, tomemos como ejemplo el estadio uno: oocito sin fertilizar; en este ocurren una serie de cambios que son fundamentales para continuar con el desarrollo embrionario del individuo, tanto así que posterior a la fecundación, hay una mayor cantidad de ocurrencia de cambios observables y otros no, que dan cuenta de un patrón de organización para el grupo de los anuros, en comparación con otros.

A continuación, se presenta un esquema comparativo entre el estadio uno (oocito sin fertilizar) y el estadio tres (blástula media) que permiten evidenciar de manera notoria los cambios que se presentan en el embrión en un tiempo de 6 horas y 20 minutos (ver figura 3).

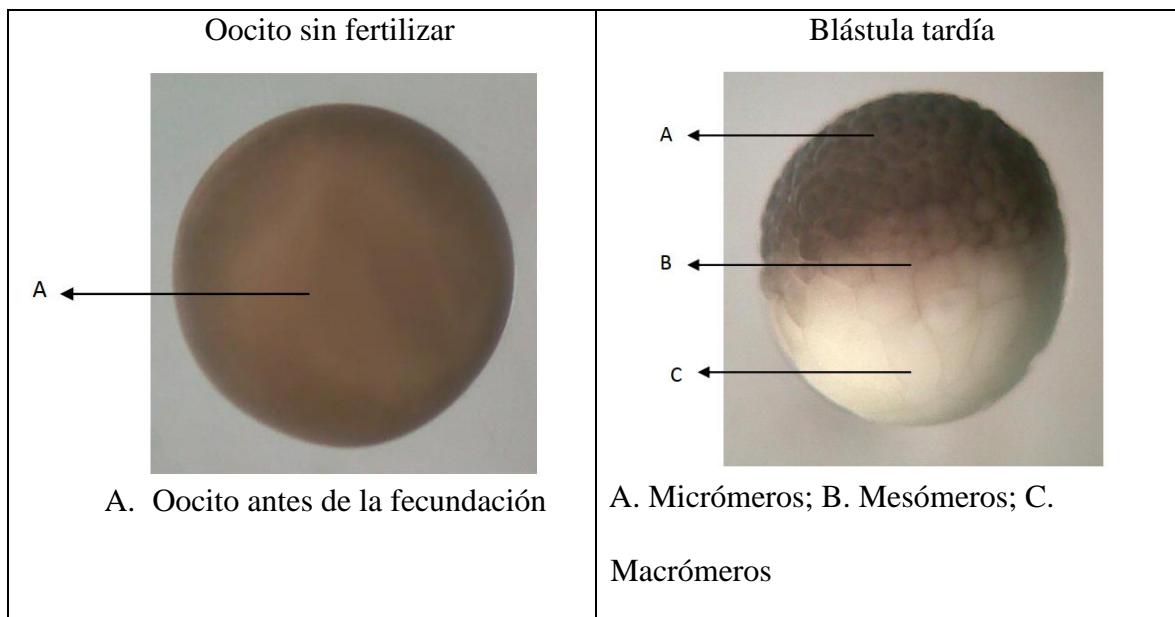


Figura 3. Estadios del desarrollo embrionario de la rana.

Nota. Sarria, F. (2010) Tabla de desarrollo embrionario de la rana sabanera *Dendropsophus labialis*: hylidae en cautiverio (laboratorio biología de Desarrollo PUJ) [Tesis de Grado].

Recuperado de: <https://rb.gy/2qsbf>

Lo anterior pone en evidencia cómo diferentes técnicas de observación permiten formalizar hallazgos y dan soporte a los estudios que se realicen por medio de evidencias precisas, tal es el

caso del desarrollo embrionario para el cual las técnicas e instrumentos permitieron establecer las características de cada uno de los estadios.

La reproducción: condiciones para la ocurrencia del fenómeno

Una de las características de lo vivo, está relacionada con la capacidad de reproducirse, lo que implica concebir la reproducción como fenómeno de estudio relevante para la biología del desarrollo, cuyos intereses académicos, están vinculados en dar respuesta a interrogantes sobre la formación de nuevos individuos.

Para la presente profundización teórica, es importante cuestionarse sobre las condiciones que posibilitan que la reproducción ocurra, por ello, se enfatiza en las condiciones pre-cigóticas y pos-cigóticas que hacen posible la prolongación de la especie.

Las primeras hacen referencia a los factores o procesos indispensables previos a la fecundación tales como el cortejo, la comunicación, la formación de células especializadas (óvulo-espermatozoide) y las condiciones ambientales como temperatura, humedad, calidad del agua, que son indispensables para la reproducción.

Las segundas (condiciones pos-cigóticas) se relacionan con los eventos que tienen lugar posterior a la fecundación que garantizan la formación y desarrollo del embrión hasta su emergencia.

Condiciones pre-cigóticas

Para establecer el desarrollo embrionario como objeto de estudio, se hace necesario reconocer las condiciones que posibilitan la formación del cigoto, por tanto, este apartado se encargará de retomar las características biológicas, comportamentales y ambientales que posibilitan la formación del embrión.

Dentro de las características biológicas se retoma la reproducción sexual en animales, los cambios a nivel genético propiciaron que el sexo femenino y masculino fuera para la mayoría de

los casos una condición indispensable para su éxito reproductivo, es decir que, requiere encontrar pareja para asegurar la ocurrencia de la reproducción, que requieren una serie de eventos que van desde los etológicos, ambientales o geográficos.

La reproducción sexual otorga a las especies una mayor variedad y variabilidad genética en palabras de Steinmann & Grenat. (2020).

La reproducción sexual genera, por tanto, una diversidad genética, incrementando las posibilidades de sobrevivir frente a los cambios que se producen en el ambiente y suministrando a la población una mayor adaptabilidad (p. 53).

Según lo anterior, la variabilidad genética aumenta en el sentido que los alelos presentes en las especies posibilitan una recombinación de los genes aportados por los progenitores hembra y macho, que incrementa las posibilidades de dar respuesta frente a los cambios del ambiente.

Las estructuras reproductivas, comportamientos y su papel en la ocurrencia del fenómeno del desarrollo embrionario.

A nivel celular en la reproducción sexual hay dos tipos de células, que hacen posible que la información genética se herede formando un nuevo individuo, el óvulo (hembras) y el espermatozoide (machos), en palabras de Balinsky. (1978):

El óvulo y el espermatozoide conjuntamente constituyen el sistema material y contienen los factores esenciales que, dadas unas condiciones externas adecuadas, en el curso del tiempo producirán un nuevo individuo, con los mismos caracteres, en lo principal, que los organismos progenitores (p. 17).

Al ser células especializadas en la reproducción existen diferencias estructurales que son importantes de resaltar porque evidencian una sincronía en sus procesos individuales y en conjunto. Balinsky. (1978) hace referencia que:

Los espermatozoides células presentes en machos, se caracterizan porque su desarrollo tiene lugar en las gónadas: los testículos, los cuales presentan túbulos seminíferos de células somáticas que

asisten los espermatozoides en desarrollo. Estos se caracterizan por presentar las siguientes estructuras: cabeza, pieza media y cola o flagelo (p. 20) (Ver figura 4).

La formación de los óvulos se desarrolla a partir de unas células especializadas denominadas oogonios que se convierten en oocitos y pasan al periodo de crecimiento, al ser el óvulo la célula que aporta la mayoría de las sustancias en el desarrollo, su crecimiento es más prolongado y de mayor tamaño. (Balinsky, 1978, p. 32). (Ver figura 5)

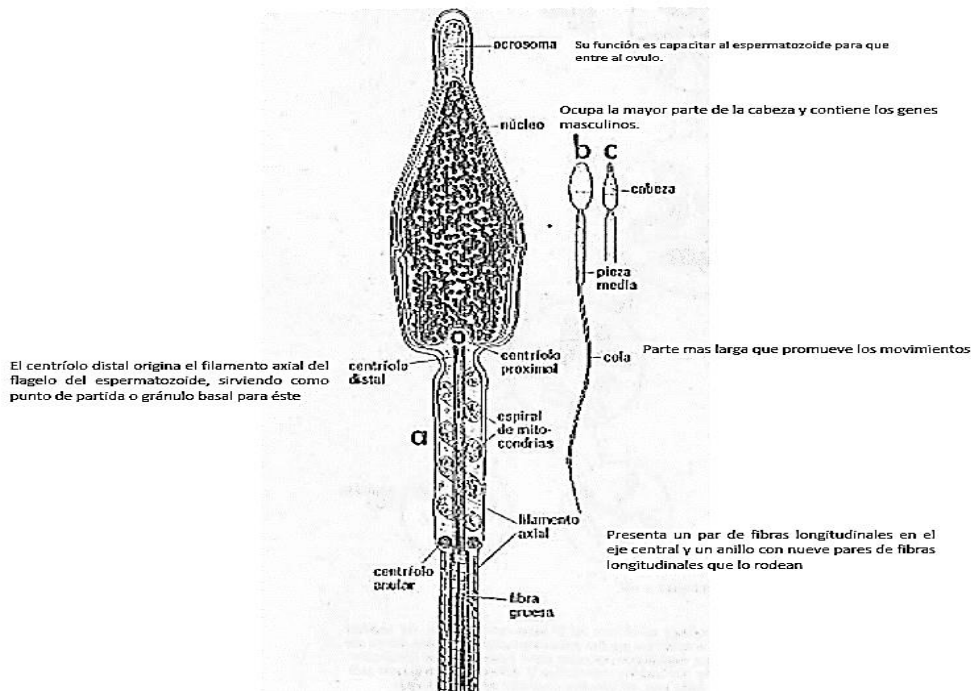


Figura 4. Un espermatozoide de mamífero.

Nota: Dibujo semiesquemático de una micrografía electrónica de la estructura del espermatozoide con la definición de cada una de sus partes Fuente: Balinsky (1978, p. 26).

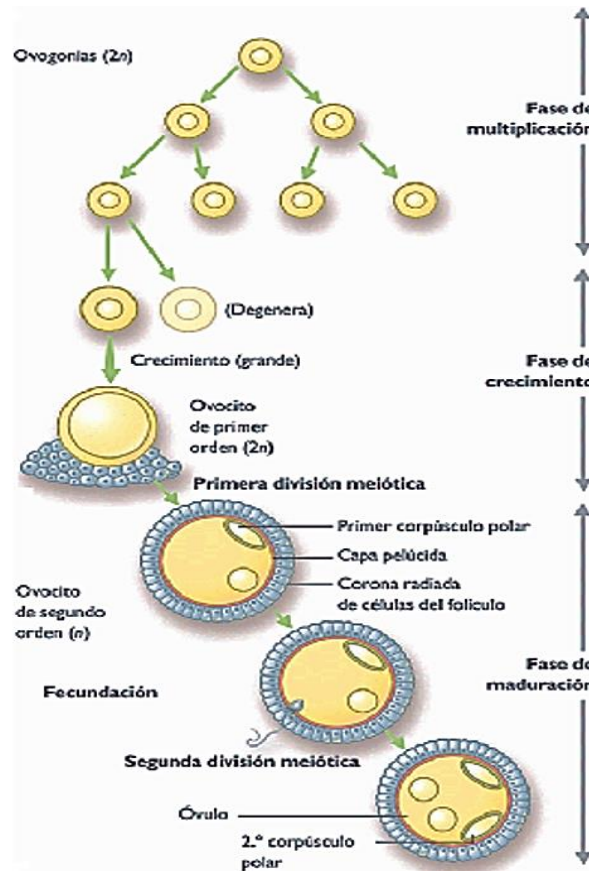


Figura 5. Gametogénesis.

Nota. Google. (s.f.). [Gametogénesis (ovogénesis y espermatogénesis)]. Recuperado el 1 de marzo, 2023, de <https://rb.gy/ez2yn>

El tamaño del óvulo, considerado por muchos como una de las células más grandes en relación con la especie que la produce, va a contener toda la fuente de energía para el embrión en desarrollo, reuniendo los requerimientos nutricionales en el vitelo constituido según Balinsky (1978) por:

componentes químicos principales como lo son proteínas, fosfolípidos, en menor grado, grasas neutras, elementos que predominan, podemos distinguirlos, entre vitelo proteínico, que puede contener cantidades variables de lípidos, así como las proteínas, y vitelo graso, que además de fosfolípidos y grasas puede contener cierta mezcla de proteínas (p.69).

El proceso de gametogénesis se considera como una condición precigótica indispensable para el desarrollo embrionario, dado que, aporta los gametos que configuran el embrión luego de su fusión en la fecundación, por tanto, el proceso de la gametogénesis se constituye como un aporte indispensable para la construcción de explicaciones frente al desarrollo embrionario en las que se articulan a las nociones de cambio, forma, continuidad- discontinuidad, que se han venido abordando a lo largo de la profundización teórica y a su vez posibilita la construcción de relaciones entre distintos objetos de estudio.

Fecundación: estructuras, procesos y medios

El proceso de fecundación es la fusión de los dos gametos (células sexuales) uno masculino y otro femenino, seguida por la unión de los núcleos de los dos gametos (Balinsky. 1978). Previo a este proceso, se presentan una serie de eventos que hacen posible el encuentro entre las células especializadas en la reproducción, relacionadas con las condiciones precigóticas, que influyen en que se forme el cigoto. El encuentro del espermatozoide con el óvulo es un proceso al azar, en grupos como los anuros, la postura presenta 90 huevos por ende la cantidad de espermatozoides liberada por el macho debe ser mayor, garantizando de esta manera un encuentro para cada óvulo disponible. Se le ha atribuido a la proteína fertilizina la atracción que poseen los espermatozoides hacia el óvulo o la postura, este proceso sucede en mayor proporción en la reproducción externa. Como lo menciona Balinsky. (1978):

La adherencia del espermatozoide a la superficie del óvulo ha sido interpretada como resultado de la presencia de moléculas de fertilizina en la capa superficial del citoplasma del óvulo. El enlace de las moléculas de fertilizina con las moléculas de antifertilizina, presentes en la superficie del espermatozoide, podría explicar el establecimiento de un enlace inicial que más tarde conduciría a la penetración del espermatozoide dentro del óvulo (p. 79).

En consecuencia, el óvulo responde al filamento acrosómico del espermatozoide hinchándose hacia afuera produciendo una protuberancia denominada cono de fecundación, lo que indica

cambios significativos en la célula reproductiva de la hembra dando inicio al desarrollo que conducirá al embrión. (Balinsky 1978, p. 81).

La reproducción en vertebrados implica un alto gasto de energía en procesos como: la producción de gametos, la búsqueda de pareja, el cortejo y la cópula (Steinmann & Grenat, 2020, p. 50) estas condiciones precigóticas dependen de la energía que disponga, la alimentación y las condiciones ambientales para favorecer la formación de nuevos individuos.

El comportamiento como factor pre-cigótico: una antesala para la reproducción.

Para los animales con reproducción sexual, la comunicación intraespecífica es indispensable para generar encuentros que permitan que los individuos de una misma especie puedan establecer relaciones y diferenciar conductas específicas y así llegar al éxito reproductivo. Al reconocer las señales que permiten una comunicación intraespecífica pone de manifiesto que la reproducción presenta una especificidad, de tal manera que reduce las probabilidades de hibridación y los encuentros entre especies diferentes.

Las condiciones pre-cigóticas están relacionadas con esos factores que permiten encontrar, seleccionar o ser elegido como pareja de apareamiento, dentro de esas condiciones se encuentra, las señales que emiten o reciben, que pueden ser visuales, auditivas, táctiles, eléctricas y químicas (feromonas). Steinmann & Grenat. (2020) caracterizaron los tipos de señales de la siguiente manera: Las señales visuales, tienen un mayor efecto en animales diurnos, se destacan las de tipo; momentáneas (erección del pelaje), cíclicas (mayor coloración en ciertas partes del cuerpo) y permanentes (según la etapa en que se encuentren el animal).

Las señales auditivas están mediadas por ondas sonoras, las cuales se adecuan a diferentes condiciones ambientales y situaciones de comportamiento. Los sonidos varían según la amplitud, duración y estructura de frecuencia, lo que afecta la distancia que recorre el sonido en el entorno

y la facilidad con la que el receptor puede localizar la posición del emisor. (Steinmann & Grenat, 2020)

Las señales táctiles: en las cuales el contacto físico ocurre entre el emisor y el receptor, sólo pueden transmitirse a distancias muy cortas. En especies sociales, la comunicación táctil es fundamental para originar y afianzar relaciones interindividuales. El uso más común de comunicación táctil se produce durante la cópula. En muchas especies de invertebrados y vertebrados, la estimulación táctil por parte del macho a menudo incita a la hembra, aumentando sus probabilidades de fecundar. (Steinmann & Grenat, 2020)

Las señales eléctricas: La comunicación a través de la señalización eléctrica es un modo frecuente en especies acuáticas. (Steinmann & Grenat, 2020)

Las señales químicas: feromonas, la mayoría de las feromonas son multifuncionales; una determinada feromona o complejo feromonal puede jugar un papel decisivo en una variedad de comportamientos sociales. (Steinmann & Grenat, 2020)

Las señales por medio de las cuales se comunican los animales, cuando están en función de la reproducción, se presentan en momentos específicos relacionados con el cortejo y la obtención de pareja, cuando las hembras son las que eligen a su pareja, los machos deben competir exhibiendo sus atributos físicos o desarrollando comportamientos llamativos, configurando todo un ritual, que generen barreras de flujo genético y así mantener el aislamiento reproductivo entre especies. (Steinmann & Grenat, 2020, p. 61).

Señales acústicas en anuros.

El canto que producen los anuros es una de las características más llamativas de este grupo, los diferentes sonidos dan cuenta de las interacciones que se producen entre los individuos de una misma especie y en ocasiones inician todo un ritual de apareamiento que posibilita el desarrollo embrionario. Las vocalizaciones las emiten por medio de sacos vocales que para algunas especies pueden ser dos o uno, Wells (como se citó en Steinmann & Grenat, 2020) plantea que:

la mayoría de los anuros presentan un par de membranas timpánicas a ambos lados de la cabeza, justo detrás de los ojos, a través de las cuales las ondas sonoras son detectadas y pasan al oído interno. En el oído interno de los anfibios se destacan dos órganos auditivos, la papila anfibia (*amphibiorum*), sensible a los sonidos de baja frecuencia (graves) entre los 100-1200Hz, y la papila basilar (*basilaris*), que permite la detección de sonidos de alta frecuencia (p. 94).

No todos los sonidos que producen los anuros conllevan a un mismo comportamiento, dentro de este grupo se presentan diferentes cantos, los cuales se clasifican en cinco momentos según Steinmann & Grenat (2020)

Tabla 1: *Tipos de las señales acústicas producidas en los Anuros*

Tipo de Señal	Características
Advertencia o apareamiento	Durante la temporada de apareamiento. Atracción de pareja y segregación de otros machos competidores. Es el tipo de vocalización más comúnmente estudiada.
Cortejo	Comunicación entre machos y hembras a corta distancia, previo al amplexo ³ . Podría estimular y orientar a las hembras.
Amplexo	Durante el amplexo, podría estimular la liberación de huevos.
Liberación	Cuando un individuo no receptivo es amplexado. Comúnmente se produce entre dos machos. A menudo acompañado por una vibración corporal.
Liberación post ovoposición	Emitido por el macho, durante el amplexo, después de la oviposición y antes de la liberación de la hembra (p. 90).

Nota: Datos de Steinman y Greant (2020) p.90.

Los comportamientos, como condición pre-cigótica, permiten o no la ocurrencia del desarrollo embrionario, dado que tienen incidencia en los procesos de selección sexual y por tanto en el éxito reproductivo de una especie. Desde esta perspectiva incluir aspectos comportamentales

³ En los anuros, las parejas se aparean en el agua en un acto que se denomina amplexo o abrazo nupcial, durante el cual el macho se aferra fuertemente a la hembra con sus miembros anteriores, los cuales poseen callosidades especiales para una mejor adhesión.

proporciona insumos discursivos con los cuales es posible pensar el proceso reproductivo, la fecundación y por ende el desarrollo embrionario.

Condiciones pos-cigóticas

Teniendo en cuenta las condiciones pre-cigóticas, mencionadas anteriormente que posibilitan la fecundación, en el siguiente apartado se describen los procesos posteriores a esta que constituyen las condiciones pos-cigóticas y por ende las etapas del desarrollo embrionario que corresponden al interés particular de esta propuesta.

Multiplicación celular, blástula, gástrula y organogénesis

Retomar el desarrollo embrionario, implica resaltar el papel de la teoría celular y las prácticas experimentales, que aportaron referentes para la consolidación de la embriología como ciencia, por esta razón en los siguientes apartados se profundizará en la división celular, la diferenciación, la especialización y la organogénesis como procesos de cambio y organización que son fundamentales para la comprensión del objeto de estudio. Inicialmente se incorpora a este análisis aspectos históricos asociados a la corriente de pensamiento denominada neovitalismo mecanicista, desde la cual se aborda el concepto de célula que ya reconocía el núcleo, el protoplasma y aportaba algunas explicaciones frente a la división celular, no obstante a estos desarrollos, surgían cuestionamientos frente a la estructura de la célula, su función en el organismo, el mantenimiento, el medio que la rodea, sus funciones que demandaron la aparición de nuevas técnicas y métodos, que dieran respuesta a los interrogantes planteados (Albarracín, 1983).

Es así, que el interés de algunos científicos como Schleiden, Schwann, Henle, Koelliker y Nageli, se enfocó en el núcleo de la célula pues en este ocurren procesos de división celular que no eran claros para ese momento (1838), Von Baer realizó un estudio detallado con huevos de

Echinus liuidus, en donde concluye que las divisiones del vitelo serían únicamente los comienzos de la separación histogénica (célula), que progresa continuamente hasta la formación final del animal (Albarracín, 1983).

De esta manera, se empieza a consolidar un planteamiento fundamental para los procesos de división celular relacionados con: *toda célula proviene de otra célula*, lo cual resulta interesante porque tras las observaciones que realiza Von Baer da cuenta cómo a partir de cada núcleo, se divide la célula formando nuevas células y así sucesivamente hasta consolidar un organismo, para el siglo XIX se desconoce los aportes de la biología molecular, por ello, las explicaciones generan nuevos interrogantes relacionados con la herencia.

Por tanto, para la comprensión de la teoría celular fueron requeridos cuatro momentos fundamentales de experimentación, el primero realizado con protozoos en donde identifican que hay un proceso denominado *crucigenia quadrata* el cual se agrupan de 4 células y posteriormente 16 que son procedentes de cada célula hija, el segundo realizado con algas filamentosas por Mohl, el tercero en donde se observa la segmentación del huevo y su blastómero y por último en el cuarto momento que afirma que las células que no están formando un embrión, estas también se reproducen.

Las prácticas experimentales mencionadas, permitieron teorizar sobre aspectos relacionados con la multiplicación celular, sin embargo, aún quedaban muchos interrogantes relacionados con la división celular que se presentaba durante la formación del embrión, por tanto, se acudió a la experimentación con embriones que permitió su comprensión. Estas prácticas experimentales con embriones permitieron consolidar referentes teóricos importantes en la descripción del desarrollo embrionario, por ejemplo, Balinsky. (1978), describe la segmentación en seis momentos claves:

1. El óvulo fecundado unicelular se transforma por divisiones mitóticas consecutivas, en un complejo pluricelular.
2. No hay crecimiento.
3. La forma general del embrión no cambia, se exceptúa la formación de una cavidad interna; el blastocele.
4. A excepción de la transformación de las sustancias citoplasmáticas en sustancia nuclear, los cambios cualitativos en la composición química del huevo son limitados.
5. Las partes constituyentes del citoplasma del huevo no sufren desplazamientos importantes y, en general, permanecen en la misma posición que tenía en el huevo al principio de la segmentación.
6. La relación entre el núcleo y el citoplasma, que es muy baja al principio de la segmentación, termina por alcanzar el nivel que se encuentra en las células somáticas ordinarias (p. 101).

La teoría celular puso toda su atención en el citoplasma y en el núcleo, siendo éste el que, en términos experimentales-observacionales, mostraba cambios significativos, pues concebir la idea que una sola célula es la encargada de originar al nuevo organismo necesitó de técnicas, instrumentos y de un razonamiento frente a asuntos complejos, como la idea de división del núcleo y todos los acontecimientos que empezaba a presentar en la primera célula (el óvulo fecundado) lo cual se fundamentó en la noción de cambio y forma.

Las primeras etapas del desarrollo se originan en “la formación de tres capas germinativas primitivas: el ectodermo (piel externa) mesodermo (piel intermedia) y el endodermo (piel interna) proceso que sucede tras la división celular” (Baker y Allen, 1970). Inicialmente se forma una parte hueca denominada blastocele y dentro contiene a los blastómeros, Baker y Allen (1970), proponen un cuestionamiento interesante relacionado con el tamaño de esta división celular, pese a que han ocurrido varias divisiones para la formación del blastocele, su tamaño no aumenta considerablemente, se asemeja a la inicial, es decir, al óvulo fecundado, lo cual se explica por el intercambio gaseoso y su actividad metabólica, dado que cada célula debe tener su propia fuente de energía y sus materiales primarios, su relación de superficie-volumen si varía, el

embrión en su totalidad no puede por sí solo, por tal razón su volumen debe garantizar procesos de respiración hasta alcanzar la siguiente etapa.

Relacionar el gasto energético y la individualidad en la que cada célula lo realiza, se vincula con el concepto de discontinuidad, de tal manera que cada célula obtiene su energía y contribuye a que en conjunto se logre la totalidad de los requerimientos que necesita el sistema para seguir con su desarrollo embrionario, es así cómo se constituye en un ejemplo de discontinuidad que da cuenta de la importancia de reconocer las capas germinativas primitivas como un resultado de una individualidad celular.

La posibilidad de reconocer los diferentes sucesos que ocurren dentro del huevo y la diferenciación celular que lleva a la formación de un nuevo individuo se hacen más evidentes en los anfibios que por su naturaleza requieren menor cantidad de técnicas observacionales.

Este grupo de vertebrados en especial presenta características particulares para la producción de huevos, como lo explica Balinsky. (1978):

Los huevos de anfibios están rodeados de una capa gelatinosa que protege al óvulo y sirve para que los óvulos se adhieran entre sí y a objetos sumergibles como plantas acuáticas. Esta sustancia gelatinosa es secretada cuando el óvulo pasa por los oviductos. Al ser depositado en el agua el óvulo del anfibio, la gelatina absorbe agua y se hincha (p. 65).

Según lo anterior, la cantidad de vitelo es una adaptación que presentan los huevos que se desarrollan en ambientes acuáticos, la capa de gelatina de color transparente y pegajosa es un elemento que le permite adherirse a las plantas produciendo en la postura de huevos una estabilidad en cuanto al lugar en donde habitarán y de esta manera posibilitar el desarrollo del embrión.

Por otra, parte el organismo en formación que se presenta al interior del huevo, requiere de sustancias nutritivas que le permitan la obtención de energía para el cumplimiento de las funciones vitales, Balinsky, (1978) menciona que:

En el grupo de los anfibios, los huevos de las ranas son depositados en el agua, los requerimientos materiales y energéticos los toman del huevo solamente, dado que su postura se desarrolla en un ambiente acuático de agua dulce, no es posible que el embrión realice intercambio de sales del medio que lo rodea (p. 69).

Según esto, los anfibios dependen del medio interno del huevo para continuar con el desarrollo del embrión, como se aprecia en la información que brinda la tabla 1 sobre la composición química del huevo, éste se mantiene en su mayoría del glucógeno disponible, por ello en el estado de renacuajo disminuye notoriamente, igualmente se resalta que la cantidad de agua que absorbe el huevo, ocupa el 75 % del volumen total dado que no realiza intercambio de sales con el medio, pero si absorbe agua por difusión para equilibrar la concentración de sales.

Tabla 2. *Composición química del huevo del embrión de rana (valores dados en microgramos)*

SUSTANCIA	HUEVO	RENACUAJO, poco después de la eclosión (estadio 20)
Nitrógeno Total	162	159
Nitrógeno extraíble (=nitrógeno del protoplasma activo)	40	42.8
Nitrógeno no proteico (¿de los ácidos nucleicos?)	4	5.0
Total, de hidratos de carbono	104	58
Glucógeno	73.2	31

Nota: Datos de Gregg y Ballentine como se citó en Balinsky, 1970 p.6

La información anterior permite evidenciar la importancia de las sustancias nutritivas al interior del huevo que van a representar la fuente principal de energía para todos los procesos que se llevan a cabo durante el desarrollo embrionario, la mayor cantidad de sustancias nutritivas provienen del óvulo. El óvulo de rana, se caracteriza por presentar dos polos, uno denominado el hemisferio (polo) animal y el hemisferio vegetativo, una membrana vitelina, una media luna gris y una cápsula gelatinosa, el vitelo está dispuesto en mayor cantidad hacia el polo vegetativo, en el óvulo fecundado presenta la capa gelatinosa hinchada dado que está en un medio acuático y absorbe agua de este, pero en el óvulo sin fecundar esta capa gelatinosa es delgada pues aún no tiene contacto con el agua, Balinsky, 1970 representa el óvulo de la rana con el esquema que muestra en la figura 6

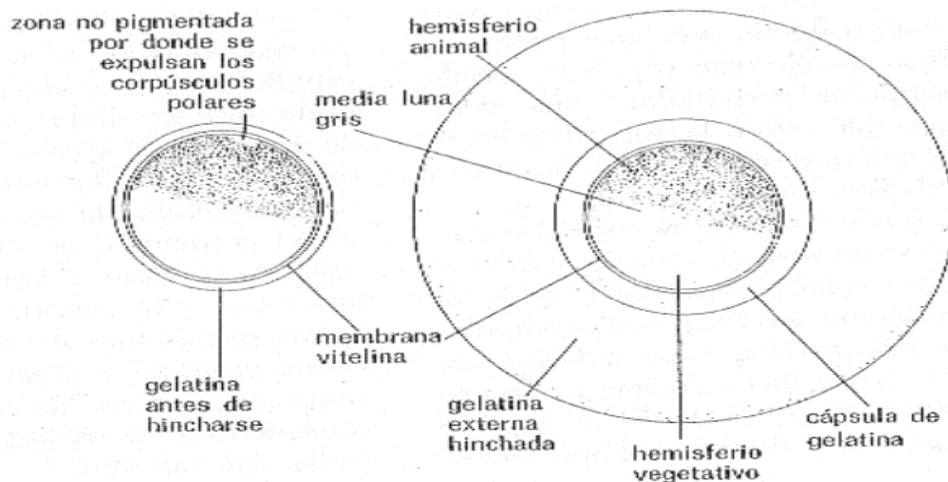


Figura 6. Óvulo de rana tal como aparece en el oviducto (izquierda), y después de la fecundación con membrana gelatinosa hinchada (derecha)

Nota. La figura representa el óvulo de rana dentro del oviducto para compararlo con el óvulo fecundado. Fuente: Balinsky. (1970) p. 65.

Dada la anterior descripción sobre el óvulo de la rana, es preciso profundizar respecto a lo que sucede posterior a la fecundación, los huevos empiezan un proceso de segmentación, allí las células inician su división, al seguir patrones que dependen del plano en donde se inicie tal

división celular, los huevos se distribuyen de manera heterogénea respecto a su vitelo, lo que se denomina como huevos mesolecitos (ver figura 7), la situación excéntrica del núcleo hacen que se formen blastómeros grandes (marómeros) ricos en vitelo en el polo vegetativo y pequeñas (micrómeros) con menos vitelo hacia el polo animal. La abundancia de vitelo hace que la división sea paulatina (Balinsky, 1978).

¿Cómo sucede la segmentación en los anfibios?

En el caso de los anfibios la segmentación es de tipo holoblástica-desigual y radial, las dos primeras divisiones son meridionales y los blastómeros resultantes son iguales. La tercera división es ecuatorial pero desplazada al polo animal, los blastómeros de este polo contienen poco vitelo diferente al polo vegetativo que presenta mayor porcentaje. Continuando la segmentación en un periodo de 43 horas ya se obtienen 37.000 células. A partir de 128 divisiones se constituye el blastocele y en la división 8 (256 blastómeros) y en ese momento se activa la transcripción del genoma embrionario (Ver figura 8) (Morales, 2020).

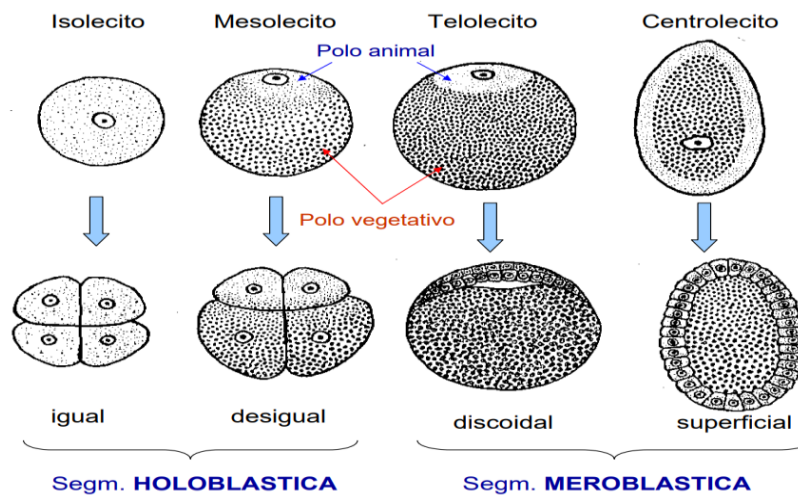


Figura 7. Segmentación en Anfibios.

Nota. Google. (s.f.). [Desarrollo embrionario-segmentación-tipos de huevos]. Recuperado el 1 de marzo, 2023, de <https://rb.gy/fouox>

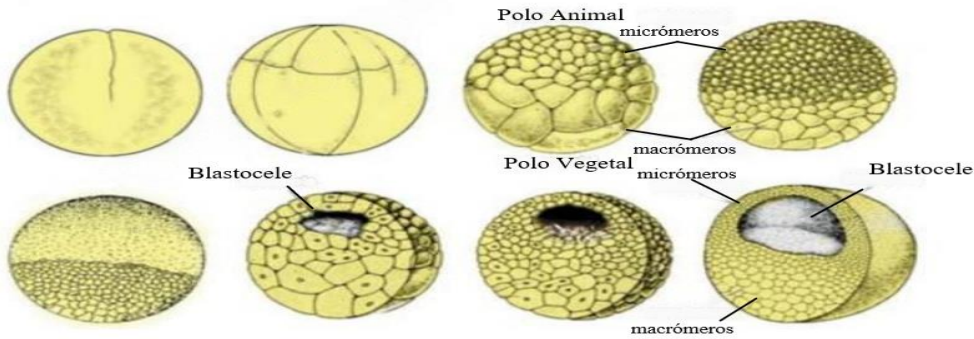


Figura 8. Segmentación – Tipos de huevo.

Nota. La figura muestra el proceso de segmentación en anfibios, la división celular que se presenta durante la formación del blastocèle. Fuente: Morales (2020, p.38).

Las divisiones sucesivas que siguen a la formación del blastocisto bilaminar, da paso a la formación de gástrula o la gastrulación (Ver figura 8) “el resultado de la gastrulación es la formación de otra bola celular hueca, la gástrula, tiene por lo menos dos capas de células en lugar de solo una” (Baker y Allen, 1970, p. 425).

La anterior afirmación viene acompañada de una analogía para hacer más comprensible la gastrulación, acción que es pertinente dada la complejidad que presenta la comprensión de este proceso. La analogía propuesta por Baker y Allen, (1970) se describe a continuación:

Se puede establecer una analogía entre la influencia de la yema en la gastrulación y la cantidad de arena que contiene una pelota de goma suave, si la bola está vacía, un lado se puede empujar contra el otro para el caso de huevos con poca yema. Si la bola contiene arena hasta la mitad, solamente la porción superior de la bola se puede empujar hacia adentro, esto se asemeja a lo que ocurre en la rana, si la bola está casi completamente llena de arena solamente se puede mover una porción de la goma en la parte superior, siguiendo la analogía de la pelota vacía, si se aprieta de manera que una pared toque a la otra, se elimina la cavidad interna, esto corresponde a la obstrucción del blastocèle, al hacer esto con los dedos, se forma una nueva cavidad correspondiente al arquenterón, es decir se abre al exterior y la nueva cavidad está rodeada por una doble capa de células, de las cuales la capa externa es el ectodermo, con la formación del mesodermo, que en anfibios ocurre por la

separación de las células del endodermo, es así que se establecen las tres capas germinativas (p.425). (ver figura 9)

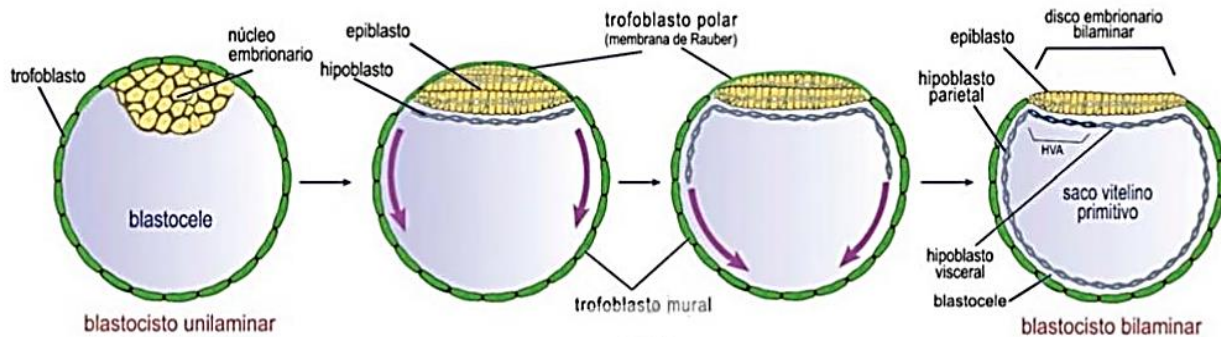


Figura 9. Formación del blastocisto bilaminar en carnívoros.

Nota. La figura muestra la formación del blastocisto bilaminar a partir del blastocisto unilaminar.

Fuente: Morales. (2020, p.43).

Los sucesos que acontecen durante la gastrulación presentan diferencias entre cada grupo de animales, incluso entre especies del mismo género, sin embargo, en cualquier proceso de gastrulación la yema representa un factor relevante, “si hay poca yema, un lado de la blástula se invagina (es decir, empuja hacia adentro) y el blastocele se obstruye lentamente. Se forma así una nueva cavidad el gastrocele o el arquenterón (intestino primitivo). Si hay un poco más de yema, tal es el caso en la blástula de la rana, la invaginación ocurre más hacia arriba, o sea en el polo animal de la blástula. La yema más densa se concentra más en la base o región del polo vegetal”. (Baker y Allen, 1970, p. 435). La disposición del vitelo en el huevo va a determinar cómo ocurre la invaginación, para el caso de los anfibios (ver figura 10), hay mayor concentración en el polo vegetativo por eso es más densa haciendo lenta la división celular en este polo.

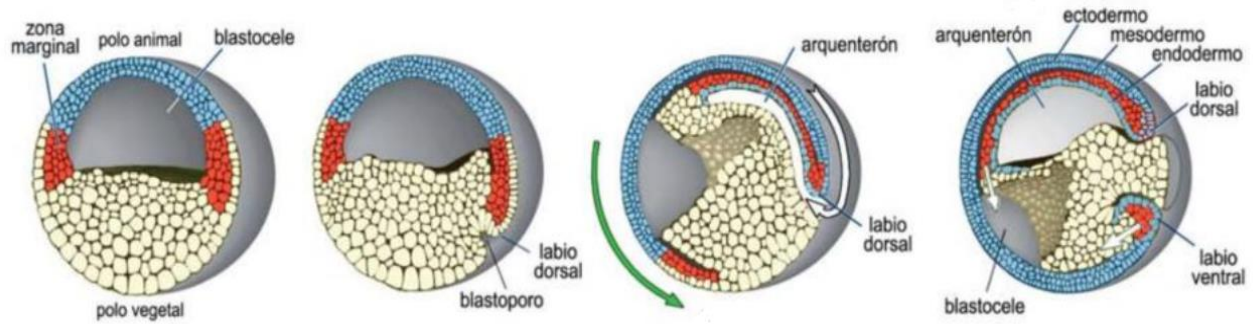


Figura 10. Esquema de gastrulación en anfibios.

Nota. La figura muestra gastrulación en anfibios, la invaginación que ocurre en el blastocelo y da paso a la formación de las capas germinativas. Fuente: Morales. (2020, p.60).

La noción de cambio en la fase de gastrulación, se evidencia en el movimiento y desplazamiento de las células que acontece tras las primeras divisiones que fueron llevadas en el plano meridional, la abundancia de vitelo en el polo vegetal, contribuye a que la formación de la invaginación se dé en la parte superior en donde se encuentra el polo animal, el cual presenta poco vitelo, comprender cómo las células empiezan a tener movimientos que configuran el plano organizacional y a su vez constituirá los órganos y sistemas de la rana, es complejo dado que la ubicación de las células y toda la información genética, están trabajando en función de generar un individuo autónomo.

Seguido a la gastrulación, sucede la especialización y diferenciación celular, no con ello desconociendo que en esta etapa no se hayan formado estructuras diferenciadas, todo lo contrario, al darse la formación de las tres capas germinativas ya se infiere una diferenciación y es justamente en este momento se inicia la formación de los órganos propios de cada sistema.

Organogénesis

La especialización de las tres capas germinativas es un planteamiento que presenta una serie de explicaciones complejas, para Baker y Allen, (1970) estas explicaciones provienen de una serie de cuestionamientos relacionados con:

¿Qué constituye un tejido? ¿En qué forma las capas primitivas dan origen a estas partes? ¿Qué factores, por ejemplo, hacen que los descendientes de ciertas células endodermales formen parte del epitelio intestinal, mientras que otras forman la glándula tiroidea? (p. 429).

En la búsqueda de explicar las inquietudes que presentaban los científicos del siglo XIX frente al desarrollo embrionario, la embriología experimental, brindó instrumentos y técnicas que favorecieron la construcción de explicaciones. Una de las técnicas que permitió el estudio del desarrollo de los embriones fueron los diferentes procesos de tinción, por ejemplo Balinsky , (1970) menciona que “se marca de mancha de colorante vital al blastodermo, el cual se enrolla sobre si, la estructura ingresa al interior del blastoporo, lo cual deja de ser visible para el ojo humano pero, gracias a la tinción es posible observar qué sucede con esta estructura en el interior” (p. 152) de esta manera se rastrean patrones de formación o desaparición de formas, lo cual se constituyó en un referente de observación para identificar qué se estaba formando.

Las respuestas frente a los cuestionamientos fueron mejoradas por la evidencia experimental, lo que permitió detallar cómo ocurre la especialización de órganos, así, las estructuras que se originan tras la gastrulación corresponden a los órganos que configuran cada sistema, Balinsky, (1978) plantea que:

Para el grupo de los anfibios la formación de los órganos es compleja, la separación del cordón mesodérmico del endodermo y el ectodermo, el notocordio se separa por su extremo anterior de la placa precordial y esta se separa del endodermo. El tubo endodérmico se cubre totalmente de células epiteliales. Los segmentos mesodérmicos de los anfibios se llaman somitas, estos están conectados con el extremo dorsal de la placa lateral, estos constituirán el sistema excretor (p.171).

Steman ganador del premio nobel en 1935, afirmó que el desarrollo de un embrión es una serie de procesos inductivos, con cada miembro de una serie, siendo esencial para el desarrollo de los miembros que lo seguían, por ejemplo: el cristalino del ojo no se formaba si se separaba la vesícula óptica, esta no se formaba si se elimina el encéfalo medio, que a su vez no se formaba si se elimina el mesodermo de la cabeza y finalmente nada se formaba si se separaba el labio dorsal del blastoporo que es el organizador primario. (Balinsky, 1978).

Lo propuesto por Steman (2020) , referente al organizador primario, está relacionado con la media luna gris que presenta el óvulo de la rana, que se considera el primer organizador del embrión, afirmación que surge del experimento que realizó, al trasplantar tejido abdominal entre el tejido del labio dorsal del blastoporo, para lo cual el resultado fue un embrión completamente nuevo, contrario de lo que se esperaba que fuese la formación del tejido abdominal (Balinsky, 1978).

Este supuesto se relaciona con el orden dos de organización propuesto por Jacob; en el que describe cómo los tejidos responden a una función específica que depende de la interacción de lo que está en el mismo sistema, dando por hecho la complejidad de la totalidad y no de partes aisladas pese a que las estructuras presentan un discontinuo. De esta manera la organogénesis corresponde a una organización que responde a un continuo para la constitución de órganos a partir de una serie de divisiones celulares que se producen en los primeros estadios embrionarios. Los diferentes procesos que tienen lugar en las fases del desarrollo embrionario descrito hasta el momento dan cuenta de la importancia que las nociones de cambio y organización para este trabajo, siendo fundamentales para establecer el desarrollo embrionario como un problema de conocimiento dentro de la enseñanza de las ciencias.

Estudio de caso de *Dendropsophus molitor*

Abordar el desarrollo embrionario como objeto de estudio e intentar dar cuenta de este mediante la observación directa en entornos escolares, implica buscar organismos que se puedan mantener en cautiverio y presenten características particulares que permitan realizar un seguimiento y observación a los estadios que presenta.

En este orden de ideas la especie *Dendropsophus molitor* es un organismo ideal que permite evidenciar los eventos posteriores a la fecundación, mediante técnicas sencillas de observación con el propósito de señalar con más detalle los cambios y la organización que se presenta durante los estadios embrionarios, por consiguiente, este apartado se encargará de señalar los criterios que se tuvieron en cuenta para la elección de esta especie.

El primer criterio para la elección de *Dendropsophus molitor* corresponde a la representatividad del grupo de anuros en la biodiversidad colombiana, que según el instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt refiere que nuestro país ocupa el segundo lugar a nivel mundial en diversidad de anfibios, mencionando que, este grupo (ranas y sapos) constituye el mayor porcentaje, con 734 especies reportadas.

Por otra parte, la rana sabanera *Dendropsophus molitor* como organismo de estudio es una especie endémica de Colombia, con amplia distribución y presencia en la sabana de Bogotá, ciudad donde se encuentra el colegio en el cual se realizó la intervención en el aula.

Características taxonómicas de la especie

Durante la profundización teórica se encontró que la rana sabanera ha sido presentada con distintos nombres científicos, por tanto, consideramos importante realizar un recuento de las diferentes denominaciones taxonómicas que la especie ha presentado.

La rana sabanera (Figura 11), pertenece a la familia Hylidae, comúnmente conocidas como ranas arborícolas por la capacidad de trepar que le otorga los discos expandidos en los dedos de las extremidades superiores, presentan variedad morfológica y ecológica, en su mayoría son verdes, sin embargo, dentro de los géneros registrados existe una gran variedad de coloración. Posee una gran diversidad de especies distribuidas en el Neotrópico y se encuentra en microhábitats variados dentro de los ecosistemas (Lynch & Suarez, 2011), en Colombia se han registrado 127 especies distribuidas en 13 géneros (Frost, 2019), siendo *Dendropsophus* uno de los más diversos en términos de abundancia y riqueza (Navarro y Ruíz, 2019).



Figura 11. *Espécimen de rana sabanera en ranario del colegio Anglo Americano.*

El género *Dendropsophus* presenta una distribución en América desde el sur de México hasta el norte de Argentina, inicialmente había sido catalogado como el género *Hyla*, sin embargo, estudios genéticos permitieron agruparlo como un género diferente por la presencia de 30 cromosomas. Las especies pertenecientes a este género presentan coloraciones que van desde los tonos marrones, verdes y amarillos, en su gran mayoría de hábitos nocturnos.

Esta especie, en principio, fue registrada como uno de los representantes del Género *Hyla* y su nombre ha cambiado a lo largo del tiempo de la siguiente manera citado en López 2021:

- *Hyla molitor* (Schmidt, 1857)
- *Hyla labialis* (Peters, 1863)
- *Hyla molitor marmorata* (Schmidt, 1857)
- *Hyla molitor* (Nieden, 1923)
- *Hyla molitor* (Savage y Heyer, 1969)
- *Hyla molitor* (Duellman, 1970)
- *Hyla molitor molitor* (Cochran y Goin, 1970)
- *Hyla labialis* (Duellman, 1977)
- *Hyla molitor* (Duellman, 1977)
- *Hyla labialis* (Ruiz-Carranza et al., 1996)
- *Hyla molitor* (Duellman, 2001)
- *Dendropsophus labialis* (Faivovich et al., 2005)
- *Dendropsophus labialis* (Guarnizo et al., 2012)

Actualmente la taxonomía según Jungfer, (2017) de esta especie es Reino: Animalia, Filo: Chordata, Clase: Amphibia, Orden: Anura, Familia: Hylidae, Genero: *Dendropsophus*, Especie: *Dendropsophus molitor* (Schmidt, 1857 citado en López 2019).

Todo lo anterior permite reconocer que existen características particulares que han venido modificando la clasificación de este organismo incluyendo criterios de orden molecular, asociado con el número de cromosomas que permiten agruparla de manera específica asegurando que los registros y profundización que se realiza corresponda al organismo deseado.

Anatomía y Ecología.

La rana sabanera (*Dendropsophus molitor*) pertenece a una de las familias de anuros más diversa (Hylidae) con alrededor de 850 especies descritas, es una especie que habita principalmente en el distrito de páramos de la cordillera oriental entre los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander y Norte de Santander entre los 2000 y 3.600 m.s.n.m. (Guarnizo et al, 2014).

Es una de las especies con mayores variaciones en su tamaño corporal siendo este también una referencia de la altitud en la cual se encuentren los individuos. En los adultos es posible encontrar una longitud cloacal desde 2.9 cm a los 5.5 cm. (Amézquita, 1999).

Presentan dimorfismo sexual, siendo las hembras más grandes que los machos (Figura 12), se evidencia variedad en su coloración que puede ser entre verde y café, membranas interdigitales en las extremidades posteriores y una coloración azul bajo las extremidades superiores con mayor acentuación en los machos.



Figura 12. Dimorfismo sexual de la rana sabanera.

Nota. La figura muestra el amplexo en *Dendropsophus molitor* el macho de menor tamaño sobre la hembra. Fuente: Sarria, (2010, p.13).

Son organismos termorreguladores durante el día, al ser ectotérmicos carecen de mecanismos para mantener la temperatura como menciona Duellman & Trueb 1994; Álvarez & Nicieza 2002 como se citó en Sarria, (2010):

Los anfibios, por ser ectotérmicos carecen de mecanismos eficientes para la termorregulación fisiológica, lo que determina una estrecha dependencia del crecimiento y desarrollo sobre la temperatura (Brattstrom 1963 en Álvarez & Nicieza 2002). Por lo tanto, la temperatura ha sido considerada como un factor limitante en la variación y tamaño del embrión y el tiempo en el que transcurre la metamorfosis. Bajas temperaturas retardan la diferenciación, es así, como aquellas

larvas que crecen en estas condiciones presentan periodos de desarrollo más prolongados (como citó Sarria (pp. 14-15).

Lo anterior, permite reconocer que las condiciones que van a recrear en el proceso de artificialización no demandan un control riguroso sobre la temperatura, dado que el espacio geográfico donde se realizará el proceso de cautiverio presenta las mismas características del ecosistema natural de la especie.

Por otra parte, frente a su comportamiento, los machos vocalizan al iniciar el anochecer o momentos antes, los machos pueden presentar cantos con una duración de 152-252 segundos, 62-88 pulsos por segundo, 13-17 pulsos por canto⁴. (Guarnizo, et al. 2014)

El proceso reproductivo se lleva a cabo en cuerpos de aguas estancadas poco profundas, a menores altitudes las hembras colocan una mayor cantidad de huevos en comparación a mayores altitudes. Las Ranas pertenecientes al género *Dendropsophus*, presentan el modo I de reproducción, en el cual depositan los ovocitos en cuerpos de agua, formando agrupaciones gelatinosas que envuelven los huevos en diversas capas y permiten así que floten sobre la superficie del agua (Duellman y Trueb, 1994 en Sarria, 2010).

Dada su alta tasa de fertilidad, el tamaño del huevo y el modo de su ovoposición se considera un modelo biológico para el estudio del desarrollo embrionario. Sarria, (2010). Esto como se ha venido mencionando se atribuye a las características del huevo que presenta membranas transparentes que permiten observar mediante técnicas sencillas los procesos que acontecen al interior de este.

⁴ Los cantos de macho varían de acuerdo con la actividad que realice, tornándose más agudos para el cortejo y con mayor intensidad en la noche por la actividad nocturna que presentan; en el siguiente enlace se registra un ejemplo de los cantos del macho de *Dendropsophus molitor* utilizado en la intervención en el aula, descrito por Acosta, (2023), en la lista de anfibios de Colombia Fuente marzo 9 de 2023. Página web accesible en <https://www.batrachia.com/orden-anura/hylidae-146-spp/dendropsophus-molitor/> Batrachia, Villa de Leyva, Boyacá, Colombia.

Morfología del sistema reproductivo de los anuros.

Para hablar del sistema reproductor de los anfibios es importante vincularlo con el sistema urinario, por tanto, en la mayoría de documentación se registra como el sistema urogenital. Sin embargo, se relacionan las estructuras encargadas del fenómeno de reproducción a los testículos y ovarios (gónadas).

Los testículos están formados por gran cantidad de tubos que se encargan del desarrollo de los espermatozoides (tubos seminíferos), conductos deferentes donde finalizan la maduración de los espermatozoides y se conectan con el epidídimo y el canal eyaculador. En las hembras, los ovarios se conectan de manera directa con el canal por el cual descienden los óvulos (oviducto). (Hickman et al., 2002 citado en Zornosa, 2011).

Para el grupo específico de los anuros, las hembras presentan un par de ovarios ubicados en la parte media de los riñones por el mesovario, con un tamaño pequeño y compacto, con oviductos en los que se perciben numerosas circunvoluciones hacia una apertura ciliada (figura 13). Una envoltura de tejido conectivo (oviasco) rodea a los folículos ováricos. (Zornosa, 2011)

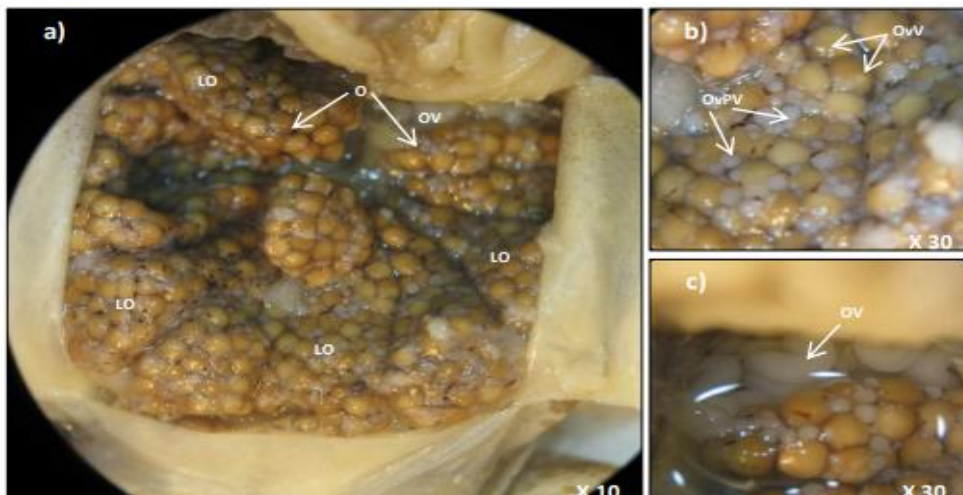


Figura 13. Sistema urogenital de la hembra de *Physalaemus santafecinus*.

Nota. a) Sistema urogenital de la hembra de *Physalaemus santafecinus* b) Detalle de un lóbulo ovárico; c) Detalle del oviducto LO: Lóbulos ováricos, O: Ovarios, OV: Oviducto, OvPV: Ovocitos pre-vitelogénicos, OvV: Ovocitos vitelogénicos. Fuente: Sandoval y Gómez (2010, p.37).

Las proyecciones agregadas digitiformes corresponden al cuerpo grasos asociados a la parte anterior de las gónadas que se presentan tanto en hembras como en machos, que pueden variar de acuerdo con la madurez sexual en las hembras de algunas especies.

Los machos presentan testículos con forma ovalada o esférica y estos se unen a los riñones a través de los conductos eferentes (figura 14), la vesícula seminal se forma a partir de la expansión del conducto de Wolf en la región posterior, se percibe una similitud con la función de esta vesícula en el grupo de los peces (Zornosa, 2011).

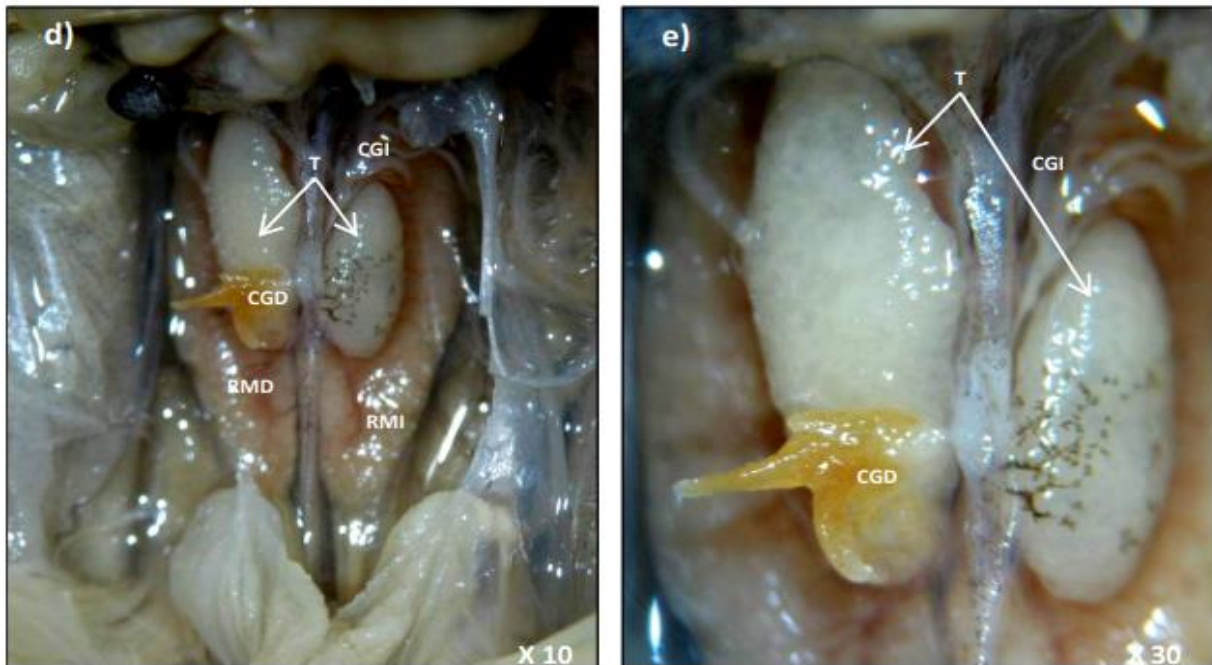


Figura 14. Sistema urogenital del macho de *Physalaemus santafecinus*.

Nota. d) Sistema urogenital del macho de *Physalaemus santafecinus* e) Detalle de los testículos y cuerpos grasos. CGD: Cuerpos grasos derechos, CGI: Cuerpos grasos izquierdos RMD: Riñón mesonéfrico derecho, RMI: Riñón mesonéfrico izquierdo, T: Testículos. Fuente: Sandoval y Gómez (2010, p.37).

Amplexo

El amplexo (entendido como el abrazo nupcial), es un indicativo de madurez sexual de los individuos que se encuentran en etapa reproductiva activa. Esta especie en particular presenta un amplexo tipificado como amplexo axilar en el que el macho se pone sobre la hembra y la sujeta con las patas delanteras por la parte axilar de su cuerpo. (Figura 15)

Previo al amplexo el macho genera la señal acústica producida por la prolongación de su saco vocal (figura 16) que para este caso es un sonido de cortejo con el cual atrae a la hembra de tal modo que el amplexo se presente y así ocurra liberación de los espermatozoides, garantizando la fecundación de una mayor cantidad de huevos ovipositados por la hembra.



Figura 15. *Amplexo axilar de Dendropsophus molitor.*

Nota. Amplexo de la rana sabanera logrado en cautiverio. Fuente: Infante, J., et al. (2021, p.4).



Figura 16. Macho de *Dendropsophus molitor*, con presencia del saco vocal extendido.

Nota. Macho con saco vocal extendido en el momento del canto. Fuente: Infante, J., et al. (2021), p. 4.

Una vez fecundado el óvulo inicia la reproducción celular que da origen al embrión y se desarrolla en 24 estadios, el óvulo sin fecundar se toma como origen del desarrollo embrionario lo que permite controlar el momento de ocurrencia del primer clivaje.

Estadios del desarrollo embrionario

Atendiendo a las características de *Dendropsophus molitor* y las ventajas que representa la observación del huevo de esta especie, a continuación, se describen los diferentes procesos que ocurren al interior del huevo en cada uno de los estadios del desarrollo embrionario y que constituye el objeto de estudio de esta propuesta.

El desarrollo embrionario de la rana sabanera ha sido ampliamente estudiado y sobre este se han generado diferentes tablas de desarrollo, este trabajo referencia la propuesta por Palacios (1985 y Sarria (2010), quienes a su vez retoman una de las primeras tablas de crecimiento y desarrollo que se propuso, como es la de Gosner (1960). (Ver anexo 1).

Teniendo en cuenta la extensión del proceso que corresponde a 24 estadios, la presentación de la información se organizó según los momentos de Segmentación estadio 0 a 10 (ver imagen 17), Gastrulación, estadio 11 a 17 (ver imagen 18) y crecimiento y diferenciación histológica estadio 18 a 24 (ver imagen 19), retomando el tiempo que tarda, el tamaño que presenta el embrión y los eventos más significativos de cada uno.

Inicialmente se presentan los estadios del 0 al 1 en los cuales ocurre el proceso de blastulación y comprenden desde el Oocito sin fertilizar considerado el estadio 0 hasta la gástrula temprana o labio dorsal el estadio 10, que ocurren en aproximadamente 16 horas y 30 minutos.

Cabe resaltar que Sarria. (2010), precisa el origen del primer orden, “el punto de penetración del espermatozoide determinó la parte ventral del embrión y opuesto a este, se diferenció el lado dorsal del mismo. Justo por debajo del ecuador, en la región de la media luna gris. Aquí las células se invaginan formando el labio dorsal del blastoporo. Esta invaginación indica el comienzo de la gastrulación” (Ver figura 18).

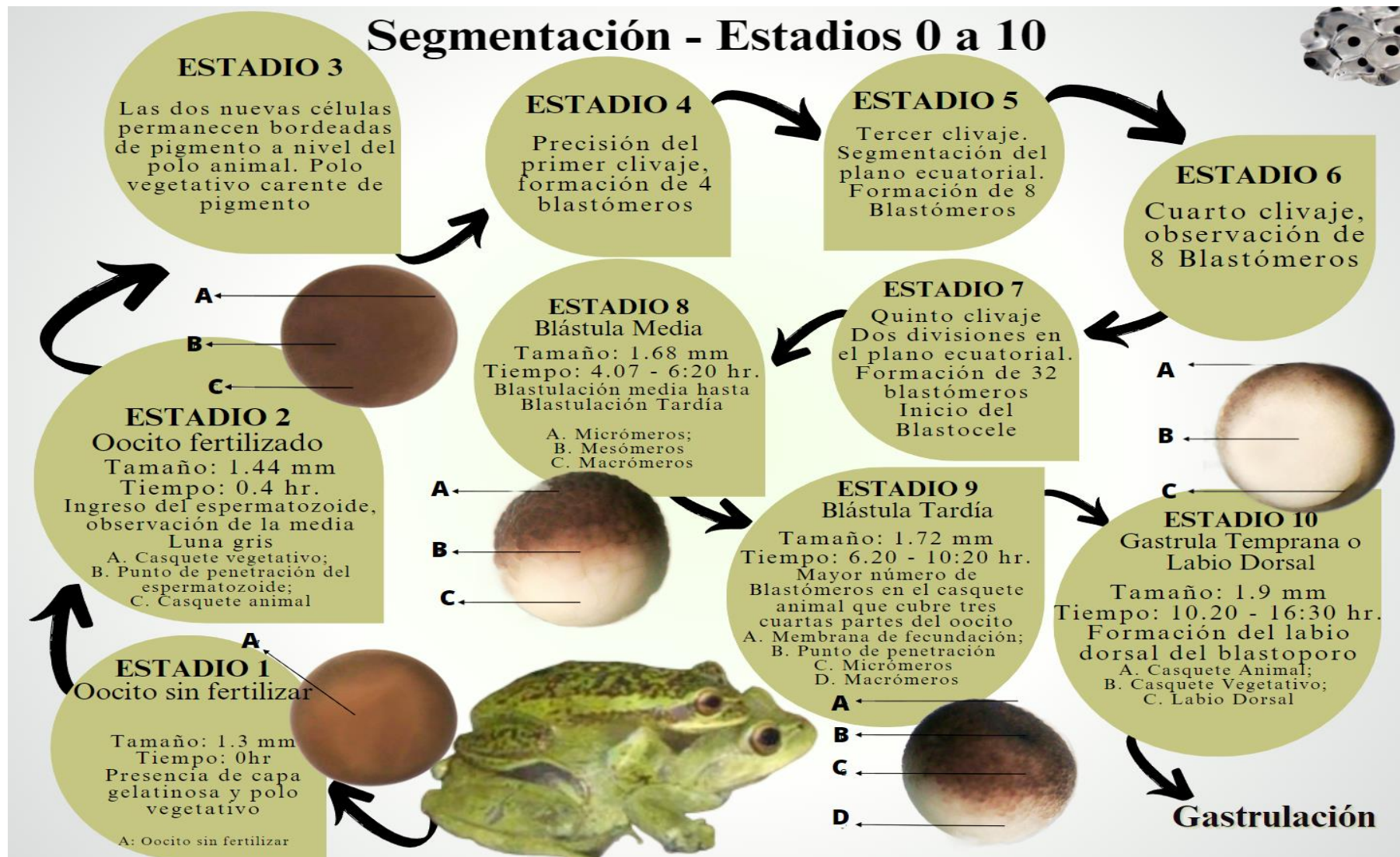


Figura 17. Esquema de la blastulación de *Dendropsophus molitor*, estadios 0 al 10 del desarrollo embrionario.

Nota. Esquema propio; imágenes y textos adaptados de Sarria (2010) y Palacios (1985).



Figura 18. Esquema de la gastrulación de *Dendropsophus molitor*, estadios 11 al 17 del desarrollo embrionario.

Nota. Esquema propio; imágenes y textos adaptados de Sarria (2010) y Palacios (1985).

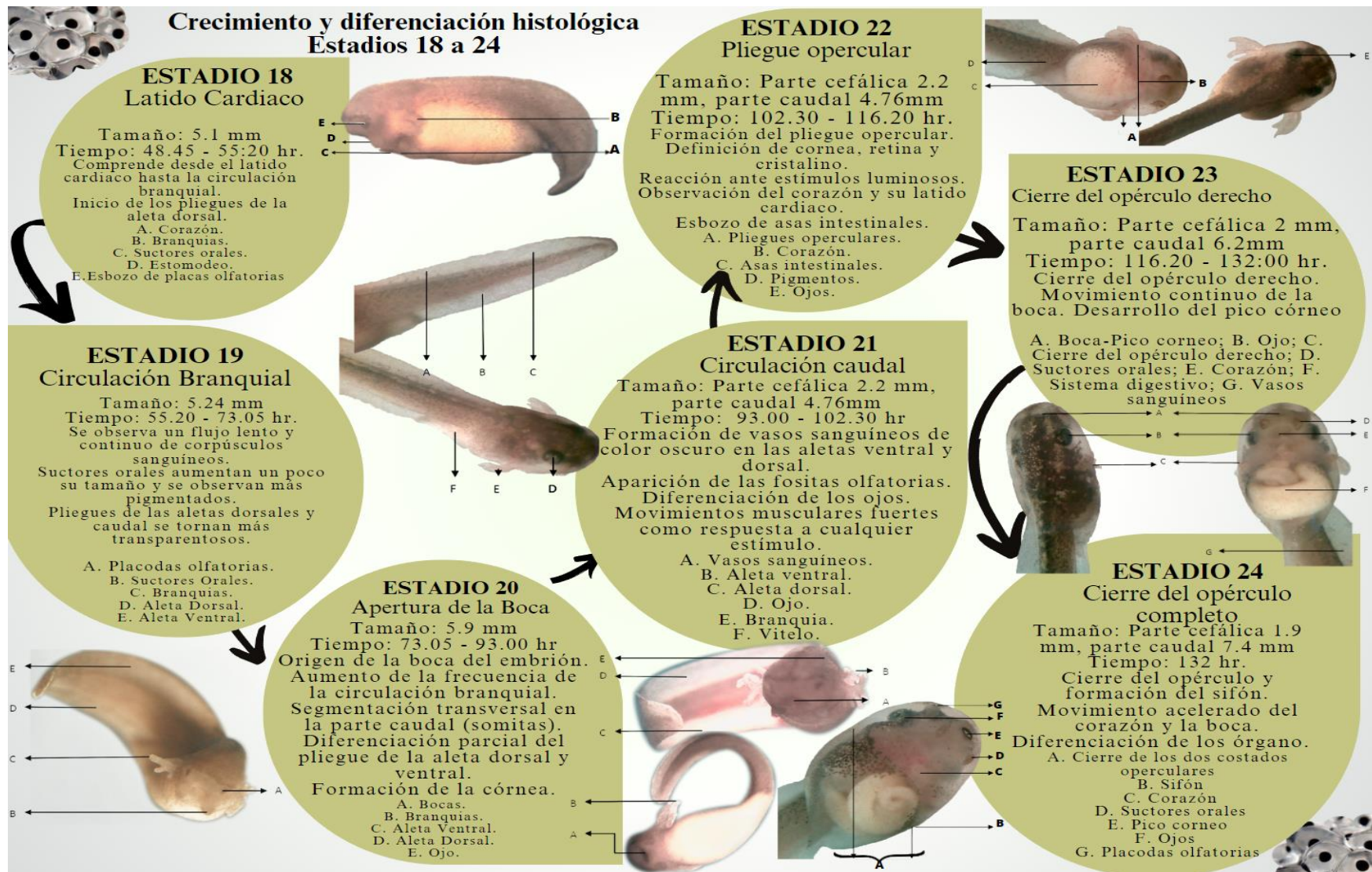


Figura 19. Esquema de la organogénesis de *Dendropsophus molitor*, estadios 18 al 24 del desarrollo embrionario.

Nota. Esquema propio; imágenes y textos adaptados de Sarria (2010) y Palacios (1985).

Las figuras anteriores (basculación, gastrulación y crecimiento y diferenciación histológica), describen los diferentes eventos que acontecen en los 24 estadios del desarrollo embrionario de *Dendropsophus molitor* y permiten reconocer los cambios (continuidades y discontinuidades) que se presentan entre uno y otro. Es así como en los primeros estadios (1 al 11) la variación de tamaño no es significativa, pese a que se evidencia un rápido proceso de división celular; esto se puede explicar dado que, si el embrión aumenta su tamaño considerablemente no lograría responder al requerimiento energético que necesita y por tanto las etapas posteriores no se llevarían a cabo.

Por otra parte, al observar las fotografías del embrión en sus diferentes estadios, la forma juega un papel importante, las estructuras, complejamente se están transformando mediante movimientos, plegamientos, protuberancias, divisiones, entre otros, entonces es así como a partir de una célula inicial se empieza a configurar un individuo, como por ejemplo las transformaciones que se dan entre el estadio 13 y 14 con la formación de la placa neural en la que los cambios observables se presentan en un mayor plegamiento del surco neural que constituye un nuevo estadio.

De esta manera, el tamaño, la forma y los cambios que se presentan en cada uno de los estadios, determinan aspectos importantes para la comprensión del desarrollo embrionario, de las condiciones pre-cigóticas, pos-cigóticas y los requerimientos energéticos que conllevan al éxito reproductivo y garantizan la continuidad de la especie.

Paralelamente, a este diálogo con autores y conceptos abordados en la profundización, se trasciende a una experiencia práctica, para ella, se recreó un ambiente natural denominado ranario, que permitiera el cautiverio de la especie de estudio, en el que se simularon las

condiciones ambientales, como las características del agua en un ambiente acuático y un ambiente terrestre que permitiera el acercamiento al objeto de estudio.

Para la construcción de este escenario que consultaron métodos y técnicas que permitieran establecer protocolos para la tenencia de los individuos, algunos de los elementos que se tuvieron en cuenta para su construcción se describen a continuación,

Manejo de especies en cautiverio

El ranario asociado al segundo elemento constitutivo de los problemas de conocimiento, la artificialización, y como elemento detonante para trascender de la experiencia básica a la construcción de relaciones, requiere atender a una serie de requerimientos que permitan el trabajo con material biológico vivo y aseguren su supervivencia en condiciones de cautiverio.

Para tal fin en el siguiente apartado se retoman algunos elementos técnicos, ecológicos y legales que regulan la captura, traslado, tenencia y posterior liberación de individuos con fines educativos.

Aspectos legales y éticos para el trabajo con organismos vivos de especies silvestres

La construcción del ranario fue una apuesta por cruzar elementos de orden teórico y práctico, el cual permitió formalizar los referentes conceptuales en una práctica tangible que brindara elementos para generar una experiencia básica entre los estudiantes y el objeto de estudio.

Este ejercicio implicó atender la responsabilidad que representa del manejo de organismos vivos de especies silvestres y a su vez demanda procesos de mayor cuidado, de tal manera que se propicien todas las condiciones para que el organismo se mantenga de manera adecuada. Este tipo de ejercicio está regulado por la Política de Bienestar Animal (1972), basada en la protección de fauna, de la cual se hace importante atender a algunas precisiones.

La entidad que regula los documentos legales para la protección, tenencia y mantenimiento de especies en cautiverio en Bogotá es la Secretaría de Ambiente y Desarrollo (a partir de ahora SAD) quien vigila y protege a la fauna colombiana, así como también otorga los permisos necesarios para la captura y traslado de los animales en caso de ser requerido.

Esta entidad también otorga los permisos necesarios y regula los requerimientos legales que implica el desarrollo del trabajo con material biológico vivo, y el ingreso a las locaciones dónde se realice la colecta. A pesar que, se acudió a espacios comunitarios como la huerta Muyso, para la cual el ingreso o estadía en el lugar es de libre acceso, y al ser un espacio que no es administrado por la SAD el trabajo con especies de fauna silvestre también requiere de permisos necesarios si la entidad educativa con la cual se desarrolla el trabajo no cuenta con el permiso marco definido por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) como “El permiso que otorga la autoridad ambiental competente CAR, para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial” (CAR, 2023).

Dado lo anterior se hace necesario realizar los trámites ante la SAD solicitando el permiso individual de recolección que se muestra en el anexo 2 y gestionarlo a través de los canales virtuales dispuestos en la página web de la entidad.

Lo anterior permite evidenciar como el trabajo con material biológico debe responder ante unas políticas que regulan las condiciones, prácticas y tratamiento que se debe suministrar a los organismos seleccionados, lo que requiere de una preparación previa, como el lugar de cautiverio requerido para la tenencia de los individuos.

Manejo de anfibios en cautiverio

Los recintos de los individuos constituyen uno de los elementos primordiales para la tenencia en cautiverio, debido a que proveen refugio, alimento y las condiciones indispensables para la supervivencia de los individuos, Pool. (2008), menciona que:

es importante considerar otros aspectos sobre la salud bienestar que pueden ser abordados a través de alojamiento apropiado, sustrato y refugio. Estos aspectos, combinados con luz, temperatura y humedad, contribuyen directamente a que los animales puedan comportarse normalmente y prosperar en cautiverio (p.9).

Teniendo en cuenta lo anterior, los requerimientos para el montaje del recinto deben atender a las características particulares de *Dendropsophus molitor*, es así que, para la emulación de su ambiente, se dispuso de los siguientes materiales, atendiendo a las indicaciones que describen Pramuk y Gagliardo. (2009)

Materiales y condiciones para la construcción del recinto

Los materiales son los insumos que se utilizaron para la construcción del espacio físico dentro el cual se realizó el cautiverio de los individuos seleccionados. Estos se enuncian a continuación:

- Pecera de vidrio cuadrada alta con tapa de tela mosquitera
- La tapa de tela debe presentar una abertura (abrir y cerrar) que servirá de acceso para proveer de alimentación a los individuos.
- Plantas: musgos, helechos, acacias, bromelias y orquídeas.
- Agua aireada
- Colorímetro
- Filtro o aireador
- Madera para crear refugios

Los materiales anteriormente mencionados, necesitan un cuidado particular, dado que, según la especie de anuros con la que se trabaje requiere de unas condiciones específicas por lo cual, el agua, la temperatura, la iluminación y la humedad, representan aspectos de mayor cuidado para optimizar su cautiverio. Para el caso de *Dendropsophus molitor*, no fue necesario modificar o realizar seguimiento a condiciones de temperatura y humedad del ambiente, dado que el hábitat natural sobre el cual se realizó la colecta presentaba condiciones similares a las del cautiverio que se ubica en la misma ciudad con microclimas similares.

Sin embargo, atender a otros factores, resultan ser de gran importancia para la supervivencia de la especie seleccionada, dentro de los cuales se destaca en primer lugar el agua que representa uno de los factores de mayor importancia, la rana al presentar respiración cutánea, branquial y pulmonar, puede verse afectada por el cloro presente en el agua de grifo que puede ocasionar su muerte si no se realiza un tratamiento previo, por ello, Pramuk y Gagliardo, (2009) recomiendan:

remover todo el cloro del agua antes de usarla en su colección. Se dispone comercialmente de kits para medición de cloro y usted debería medir su cantidad en el agua rutinariamente a diferentes horas del día ya que las concentraciones de cloro del agua servida por los municipios fluctúan. Añejar el agua (dejarla almacenada por uno o dos días) antes de su uso, permite que el cloro libre (Cl_2) se disipe en forma de gas (p.19).

El tratamiento de agua está relacionado con los filtros de carbón que ayudan a regular las impurezas, pese a que los organismos pueden resistir algunas alteraciones en el agua, esto puede traer como consecuencia enfermedades. Según Pramuk y Gagliardo. (2009)

El agua producto de OR (ósmosis reversa o filtro de carbón) está libre de solutos y es más pura de lo que pueden tolerar la mayoría de los anfibios. Su alta pureza (bajo nivel de solutos) significa que, en el intento por alcanzar el equilibrio osmótico, el agua se moverá desde la relativamente agua pura que rodea al individuo hacia los tejidos del anfibio, que contienen una mayor

concentración de solutos. Con el tiempo, esto puede resultar en animales edematosos (hinchados) y con problemas de riñón (p.23).

En segundo lugar, la temperatura del ranario debe mantenerse dentro de los parámetros que el ambiente natural presente, dado que los anuros al ser ectotérmicos dependen de las variaciones que ocurran durante el día, por esto Pramuk y Gagliardo (2009) sugieren que:

La iluminación que reciba el acuario debe responder a los requerimientos de la especie, dado que, ocurren procesos metabólicos en presencia de la luz, por ello, es importante exponer el ranario, pero no en su totalidad (p.26).

Por último, la humedad, está vinculada en procesos de cortejo porque la mayoría de los anuros se reproducen en épocas de lluvia y en la noche. Es así como, Pramuk y Gagliardo. (2009)

describen que la lluvia puede simularse:

Desfogando un humidificador hacia el tanque, con tuberías de PVC o tubo flexible. Sellar el tanque con papel plástico adherible ayudará a mantener humedad, aunque deben incluirse pequeñas aberturas de ventilación para permitir la disipación (p. 29). Las anteriores condiciones ambientales deben ser reguladas y controladas para garantizar que el individuo sobreviva (p.27).

Mantenimiento de los individuos dentro del espacio del cautiverio

La rana al ser un organismo que presenta metamorfosis presenta variaciones frente al tipo de alimentación en cada etapa de su historia de vida, por ello, es indispensable, conocer la manera en que se alimentan los individuos en cada una. Como lo menciona Pramuk y Gagliardo. (2009):

Es fundamental considerar la historia natural de la especie para decidir cómo y cuándo alimentarlos. Las alimentaciones deben basarse en los tiempos de alimentación natural del animal, más que en la conveniencia del cuidador. Alimentar a especies nocturnas temprano en el día puede dar oportunidad a las presas de ocultarse y eludir la depredación antes de que las luces se apaguen. Usar cuencos o alimentar a mano especies críticas puede ayudar en el monitoreo de salud y una nutrición adecuada (p.29).

Para el estado adulto de la rana, es importante incluir alimento vivo, que le proporcione desarrollar sus comportamientos de depredador nocturno, por ello, Pramuk y Gagliardo (2009) mencionan que:

Muchos insectos pueden ser recolectados localmente pasando redes para mariposas por la vegetación alta. Otros métodos eficaces de recolección incluyen el empleo de trampas para insectos en la noche con luces negras o de mercurio. Sin embargo, asegúrese de que la zona esté libre de sustancias químicas (es decir, sin pesticidas o herbicidas) (p.30).

Los anfibios, presentan mecanismos de apareamiento dependientes de las condiciones ambientales, por ello, el ranario debe brindar la artificialización debe aproximar las condiciones de su ambiente natural para generar reproducción en la especie. Pramuk y Gagliardo (2009) refieren que:

Un período de uno a cuatro meses de disminuir las temperaturas seguido por un período de calentamiento gradual puede inducir la reproducción de muchas especies de anfibios. Para que esto ocurra, los animales deben someterse a un periodo de ayuno antes de ser enfriados. Al final del período de enfriamiento, el fotoperíodo y la temperatura deben aumentar gradualmente (p.38).

Si se logra la obtención de huevos, es necesario considerar que, al estar cubiertos por una membrana gelatinosa, los hace vulnerables a cualquier alteración, por tanto, es necesario cambiar y monitorear el agua periódicamente, lo que garantiza un adecuado desarrollo.

Todo lo anterior permitió reconocer los insumos, condiciones y cuidados requeridos para el proceso de artificialización, a las recomendaciones que se presentan en la guía para el manejo de anfibios en cautiverio se generaron modificaciones atendiendo a las particularidades del ranario elaborado para el desarrollo del presente trabajo como recurso educativo dentro de la propuesta “El mundo oculto de la rana sabanera” (ver imagen 20).



Figura 20. Ranario construido para la intervención en el aula.

El Ranario

Este apartado trata sobre la construcción de un ambiente artificial para la tenencia de los individuos en cautiverio, que configura una práctica experimental para articular elementos de la profundización disciplinar, respecto a las técnicas para elaborar un montaje que permitiera, mantener en cautiverio a los individuos colectados de *Dendropsophus molitor*, realizar observaciones y brindar la experiencia directa con el organismo para que así se configuren explicaciones de su desarrollo embrionario, que relacionan las características del agua y su vínculo con el desarrollo del huevo, renacuajo y adulto, la obtención de energía, los comportamientos ecológicos y otras características que permitieron constituir el objeto de estudio como un problema de conocimiento.

Dicho esto, la artificialización como una manera de construir el fenómeno, cobra sentido alrededor de un esquema explicativo que permita contrastar los referentes teóricos sobre los cuales se realizó la profundización disciplinar, de esta manera el ranario se convierte no solamente en un espacio

de cautiverio, sino en un sistema complejo en donde emergen interacciones entre las condiciones ambientales y las etapas de vida del organismo.

Es así como, la construcción del ranario tenía como propósito la obtención de huevos sobre los cuales realizar observaciones y hacer un seguimiento a los diferentes estadios que se presentan en la formación de un nuevo individuo, es decir, lo que acontecía dentro del huevo, sin embargo, dado el tiempo de ejecución de la intervención en el aula y las dinámicas propias del proceso de reproducción de los individuos, se colectó un adulto y otros individuos en la etapa de renacuajos que permitieran identificar condiciones pre-cigóticas.

Por lo anteriormente mencionado, en los siguientes párrafos se describirá el proceso llevado para la colecta de los individuos, el diseño y ensamblaje del ranario, y las prácticas que se llevaron a cabo para la alimentación de los individuos.

La colecta de la rana sabanera

Previo a la recolección, se llevó a cabo un seguimiento desde enero de 2022, el cual consistía en visitar cada 15 días el ambiente natural ubicado en el Humedal Salitre, en la Huerta Muysó, rastreando la especie para poder capturar solo los huevos y evitar tomar organismos en otra etapa, ya que el objetivo del trabajo se fundamentaba en el desarrollo embrionario, sin embargo, en aquel momento la sabana de Bogotá presentaba altas temperaturas y bajas precipitaciones, lo cual no permitió hallar posturas.

Esa primera experiencia de colecta les permitió a las maestras hacer una serie de cuestionamientos frente al desarrollo embrionario, al interactuar con el ambiente natural, permitió realizar un ejercicio de cruce de información obtenida en la profundización disciplinar y lo vivenciado en campo, que aportó al diseño de la intervención y para establecer los mecanismos de colecta para su posterior adecuación en el medio artificial; el ranario.

La colecta de los individuos se realizó el día 05 de marzo de 2022 en la Huerta Muyso (Humedal el Salitre-Bogotá) gracias a un ejercicio comunitario y de trabajo con huertas urbanas, fue posible la adecuación de un estanque como un medio en donde las ranas sobrevivieron, las cuales migraron a ese lugar por procesos de urbanización y obras de mantenimiento, una de las razones por las cuales, se seleccionó ese lugar para realizar la colecta.

Al ingresar al estanque en donde se hallaban los representantes de la especie, estas se ocultaban por lo cual su captura se hizo compleja, frente a eso la red fue de gran ayuda para obtener un representante en estado adulto, los renacuajos se capturaron hundiendo el franco al interior del estanque. (ver imagen 21 y 22) Los especímenes en estado adulto y renacuajos se dispusieron en el ranario construido con antelación.



Figura 21: *Colecta de individuos en estado de renacuajo*



Figura 22: *Colecta de rana en estado de renacuajo*

La experiencia con el entorno natural en donde se colectó un adulto y renacuajos de la rana sabanera, en marzo de 2022, permitió un acercamiento con la especie, generando inquietudes relacionados con las condiciones ambientales, el estado físico-químico del agua, el tipo de alimentación según su etapa y la identificación del sexo de los especímenes colectados, encontrando que, las condiciones ambientales en su artificialización demandan procesos de

seguimiento y control para mantener el ranario. Constituir el desarrollo embrionario como problema de conocimiento, se configuró desde la experiencia básica de las maestras, al visitar el ambiente natural y la colecta de los especímenes que generaron espacios de experimentación y de observación directa.

Montaje del ranario

La experimentación en el desarrollo embrionario fue debido a las técnicas e instrumentos que permitieron controlar las variables, observar lo que a simple vista no se ve e identificar posibles o futuras explicaciones de manera colectiva, que lo configuraron como objeto de estudio para la biología del desarrollo, lo cual se referenció en la profundización disciplinar, por esta razón realizar la artificialización del ranario, permitió una práctica experimental que aportó elementos de orden técnico y disciplinar.

Dicho lo anterior, se tuvo en cuenta las sugerencias dadas en la Guía para el Manejo de Anfibios por Pramuk y Gagliardo. (2009), sobre la cual se generaron algunas modificaciones atendiendo al propósito del montaje. A continuación, se describe el diseño del ranario en el laboratorio de biología de la sección primaria del colegio Anglo Americano ubicado en la ciudad de Bogotá. Inicialmente, se dispuso de un acuario, de 60 x 40 x 45 cm, con su respectiva tapa de vidrio, presenta dos accesos, el primero (costado izquierdo) se encontraba una ventana empleada para la alimentación de los individuos y en la segunda (costado derecho), un agujero utilizado para adicionar agua cuando requería cambiarse como se muestra en la figura 23



Figura 23: *Acuario dispuesto para la elaboración del Ranario*

En la parte inferior, se ubicó una rejilla inclinada 15° hacia un costado con el ánimo de generar un ambiente terrestre elevado y cubierta por una malla que evitara que individuos o huevos se sumergieran o se perdieran durante los cambios del agua, la malla se dividió de manera longitudinal, una mitad fue cubierta por plástico negro sobre el cual se adicionaron rocas, tierra negra, corteza del fruto del coco y plantas, para simular el ambiente terrestre natural. Para el ambiente acuático se utilizó agua previamente aireada por 4 días. (ver figura 24).



Figura 24: *Ambientación del ambiente terrestre y acuático en el ranario*

Del montaje físico del ranario anteriormente descrito, surgieron preguntas relacionadas con situaciones hipotéticas que alterarían o favorecerían a los representantes de la especie, por citar algunas, ¿Cómo simular las condiciones para que ocurra la reproducción? ¿cómo prever y enfrentar posibles enfermedades ocasionadas por agentes patógenos? ¿cómo limpiar el acuario si algún representante muere dentro de este? y ¿qué interacciones se presentan en ambientes terrestres y acuáticos que comparten un mismo espacio? Preguntas y situaciones que solo surgen a la luz del montaje, pues al no tener interacción directa con este, se queda en seguir los pasos para diseñarlo.

Si bien, el objeto de estudio del presente trabajo es el desarrollo embrionario, la artificialización del ambiente natural permitió identificar las condiciones que posibilitan su ocurrencia, por esto, lo pre-cigótico se constituye como parte fundamental de su estudio, como menciona Balinsky, (1978) “los procesos incluidos en el desarrollo del huevo fecundado son a lo que refiere sobre el objeto de estudio de la embriología” (p.8). Sin embargo, todo lo que acontece previo a la fecundación del huevo, garantiza que el nuevo individuo se forme, por tal razón es importante que al momento de profundizar en aspectos embriológicos, se retome la historia de vida de la especie, pues garantiza la comprensión de las fases del desarrollo. Por ende, se profundizará en dos condiciones del agua y el suelo, que evidencian parte del proceso de la formación de los individuos.

Condiciones ambientales: Agua y suelo

Dos aspectos relevantes en el montaje del ranario fueron: agua y suelo. El primero, es un elemento fundamental en los procesos de cautiverio en anuros, dado que estos presentan respiración cutánea y huevos sin cáscara, la sensibilidad respecto a sustancias particulares les afecta, tal es el caso del agua potable que presenta cloro, el cual no es apto y ocasiona la muerte de los organismos o huevos, por esta razón “Añejar el agua (dejarla almacenada por uno o dos

días) antes de su uso, permite que el cloro libre (Cl_2) se disipe en forma de gas” (Pramuk y Gagliardo, 2009, p. 19) por esto, el agua se dejaba reposar en un periodo de 4 a 7 días, además se empleó un compresor de aire que permitió mantener un flujo de aire permanente.

El mantenimiento se llevó a cabo cambiando el agua, los desagües de la parte inferior permitían removerla con mayor facilidad, este proceso se realizó cada 20 días. A su vez, el pH del acuario se controlaba con el papel tornasol azul (ver imagen 25), el cual indica si la sustancia era ácida o no, en los resultados obtenidos se evidencia que las muestras mantenían el color del papel, lo que indicaba el nivel de acidez bajo o ausente, estas pruebas se llevaban a cabo cada 15 días.

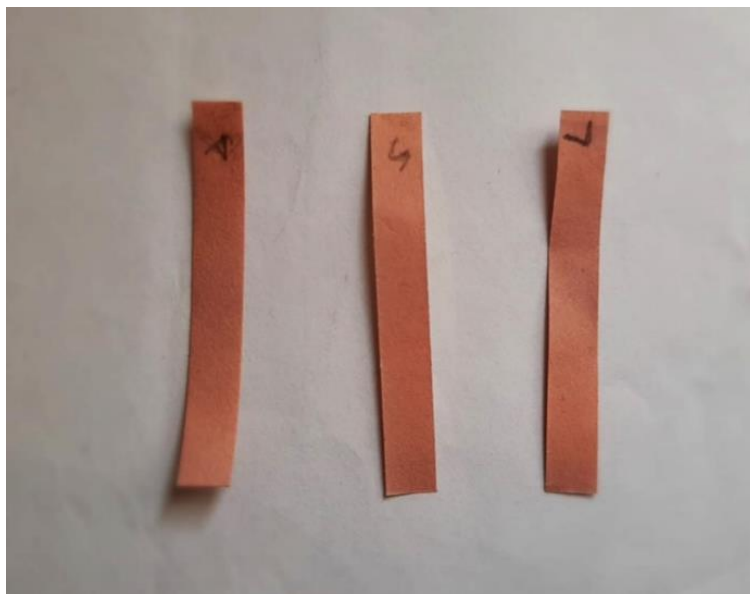


Figura 25: *Resultados de las mediciones de pH*

El pH puede mantenerse cerca de la neutralidad a través de limpiezas regulares del filtro mecánico, recambios rutinarios de agua y buena aireación (Pramuk y Gagliardo, 2009, p. 19) razón por la cual, la higiene del agua fue un aspecto relevante en el mantenimiento del ranario, dado que no se realizó un control de los amonios liberados por procesos de excreción.

De esta manera, se logró la supervivencia de los renacuajos hasta su estado adulto, gracias a las condiciones del agua que favorecieron su crecimiento y desarrollo, cabe aclarar que en estado

renacuajo, su sensibilidad es mayor que en su siguiente etapa, por ello, el control y seguimiento es fundamental para evitar la pérdida de algún individuo.

Por otro lado, la segunda condición, es el suelo, este se estructuró con tierra negra sin ningún tipo de abono, la corteza del fruto del coco, plantas como musgo y suculentas, permitieron consolidar toda la complejidad del suelo, en el cual emergieron interacciones comportamentales de la rana sabanera.

Sobre el suelo no se le realizó ninguna intervención, dado que se evidenció que las plantas presentaban color verde sin rasgos de deshidratación, hojas erectas además de su notable crecimiento y generación de nuevos individuos de plantas. La interacción entre los dos sistemas, el acuático y el terrestre le proporcionó las condiciones ideales para su mantenimiento.

Las ranas en estado adulto presentaban un comportamiento constante durante las mañanas, en horas de sol, se posaban sobre la corteza del coco o se mantenían ocultas en las hojas de las suculentas (ver figura 26).



Figura 26: *Ranas en asoleamientos en franja de las 9:30 a 10 de la mañana.*

Al ser organismos ectotermos, necesitan regular su calor corporal, y lo realizan por medio de asoleamientos, que es justamente lo que hacen las ranas al posarse sobre la corteza de coco, esta estructura generó preguntas relacionadas con la preferencia que presentaba la especie al tomar el sol en ese lugar, pese a que no hay estudios frente a esta interacción, sería importante retomarla en posteriores estudios, sin embargo es posible que la cáscara del coco retenga más el calor que las piedras.

Treparse en las hojas de las plantas, se le atribuye a su principal característica que las clasifica dentro del género de *Dendropsophus*, que son especie arborícolas por la capacidad de trepar que le otorga los discos expandidos en los dedos de las extremidades superiores, como se mencionó en la profundización disciplinar en el caso de estudio. De esta manera, se intuye que la estructura del suelo dispuesta en el ranario fue favorable para la etapa adulta de la rana, obteniendo que la interacción entre la rana, el suelo y las plantas permitió ver comportamientos de su historia de vida, que sin la artificialización no hubiese sido posible observar.

El agua y el suelo como condiciones ambientales del ranario constituyen esquemas explicativos sobre los comportamientos ecológicos, el crecimiento y desarrollo de diferentes especies dentro de un mismo ambiente y la interacción entre la transición suelo y agua favorecen la circulación de energía y materia, como indispensables en procesos de reproducción, fecundación y posteriormente el desarrollo embrionario. Lo anterior, se vincula con el desarrollo embrionario, al reconocer las condiciones pre-cigóticas como momentos cruciales en la historia de vida de la especie, se comprende las relaciones que el renacuajo y el adulto necesita para una maduración

sexual, lo que trasciende de ver el fenómeno en una secuencia de etapas a una serie de procesos que fluctúan y que no están sucediendo dentro del huevo sino previo a su formación.

La alimentación en vivo

En el ranario la alimentación fue un factor importante en el desarrollo de un adulto capaz de reproducirse, el gasto energético está vinculado con un proceso óptimo en el amplexo y fecundación, sin energía las probabilidades de supervivencia son bajas, por ello, la alimentación se convierte en un factor que determina el éxito reproductivo. También, las células reproductivas como es el caso del óvulo deben garantizar que presenten los nutrientes necesarios para mantener al individuo durante 132 horas, periodo que dura aproximadamente el desarrollo embrionario, de no ser así, el individuo puede morir antes de realizar una división celular.

Para la etapa de renacuajo se dispuso de comida para peces en hojuelas como suministro principal en su dieta, en estado adulto se colectaban moscas, zancudos y arañas suministrándole un individuo por día, se le dejaba en las horas de la mañana (7:00 am) para que lo cazara, la rana se posaba en las plantas y de manera sigilosa lo atrapaba. En la imagen se aprecia, la disposición de la rana al momento de cazar alimento en vivo. La artificialización del ranario permitió reconocer las condiciones precigóticas como, agua y suelo indispensables en el desarrollo y crecimiento de la rana para posteriores procesos de reproducción y desarrollo embrionario.

La alimentación permite evidenciar la importancia del gasto energético en: la formación de células reproductivas, cortejo, amplexo y fecundación, como momentos previos a la formación de un nuevo individuo. Aunque no fue posible obtener posturas, la experiencia fue enriquecedora en términos del montaje y mantenimiento, evidenciando que los procesos son complejos y

artificializarlos aún más, por ello, ese acercamiento con el ranario, consolidó explicaciones vinculadas con comprender el fenómeno como un problema de conocimiento.

Profundización pedagógica

Con relación al saber pedagógico y didáctico que consolidan la práctica docente, se reconocen diferentes elementos que proveen sentido a la propuesta y a partir de los cuales se constituye la presente profundización. Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, este apartado describe aspectos generales, asociados a la propuesta investigativa, con relación a los problemas de conocimiento, la artificialización de los espacios naturales (ranario) y los clubes de ciencias como estrategia pedagógica que brinda elementos conceptuales y metodológicos para trabajar con grupos heterogéneos.

Atendiendo a las disposiciones dadas por la institución donde se realizó la intervención, la naturaleza del grupo de trabajo y los objetivos propuestos para el desarrollo del presente trabajo, se tuvieron en cuenta los referentes que arrojan los estudios realizados sobre los tres elementos mencionados anteriormente y que a su vez articulan el apartado del marco pedagógico.

La consolidación del desarrollo embrionario como problema de conocimiento en la enseñanza de las ciencias

Los problemas de conocimiento concebidos como una categoría alternativa para la enseñanza de las Ciencias Naturales, se fundamenta en referentes epistemológicos, pedagógicos y didácticos fundamentales en la construcción de una propuesta de aula. Por ello, es importante profundizar en cada uno para comprender el conocimiento como una actividad cultural, esto en términos de Valencia et al, (2003) como:

Pensar las ciencias y su enseñanza, en términos de actividad de la cultura, en donde lo que prima no es la reconstrucción de los corpus teórico-experimentales disciplinares, sino la generación de condiciones comunicativas y experienciales para la construcción de explicaciones del mundo físico (p.7)

De esta manera es posible dinamizar la construcción de explicaciones entre los agentes que interactúan en el proceso de enseñanza-aprendizaje y brindar espacios que vayan más allá de un desarrollo conceptual sobre el cual se genere una valoración, propiciando situaciones que permitan el diálogo permanente entre los actores involucrados, para generar conflictos intelectuales que motiven a la generación de hipótesis, la producción de ideas y movilicen el pensamiento. Como menciona Candela (1994):

No es lo mismo preguntarle a alguien sobre las ideas que tiene acerca de alguna temática, que lo que esa misma persona puede elaborar sobre el mismo tópico en una situación colectiva donde escucha otras opiniones que influyen sobre lo que piensa y adapta sus ideas a lo que se espera de él. Cada individuo construye versiones distintas sobre un contenido según sea la situación contextual en que lo verbaliza y llamo a esto construcción situacional del conocimiento. (p.149)

Según lo anterior, el aula se constituye en un escenario dinámico dentro del cual se debate, valora y enriquecen las opiniones de estudiantes y maestros, y al mismo tiempo, se transforman en insumos que permiten la comprensión de diversos objetos de estudio que adquieren significado en lo colectivo.

Referentes epistemológicos de los problemas de conocimiento

Lo planteado en los referentes epistemológicos le aportan al maestro en su ejercicio académico elementos que le permiten cuestionarse acerca de la imagen de ciencia, la naturaleza del conocimiento, reflexionar por las maneras de intervenir en el aula y replantear las estrategias pedagógicas en la enseñanza de las ciencias naturales.

Para Valencia et al, (2003) las representaciones se asemejan a construcciones discursivas con carácter ideológico que expresan relaciones de saber-poder que se dan en los contextos culturales donde circulan. En un escenario como la escuela, la diversidad cultural tanto de estudiantes como maestros posibilita que se enriquezcan los discursos construidos en torno a fenómenos naturales.

La propuesta de aula “*El mundo oculto de la rana sabanera*” se fundamenta en los problemas de conocimiento, dado que posibilitan la comprensión y explicación de fenómenos naturales trascendiendo de la experiencia básica, de esta manera Valencia et al. (2003) mencionan que:

En la perspectiva de comprender es necesario vencer las intuiciones primeras, el deslumbramiento y el entusiasmo por lo natural y vincularse al ejercicio del pensamiento; es decir, hacerles frente a las preguntas, dejarse enriquecer por el hecho construido y sancionado y movilizar el pensamiento renovándolo y rectificándolo incesantemente (p. 4).

Lo anterior, nos permite reconocer la importancia que presenta para el estudiante acercarse a una experiencia con el objeto de estudio, que le permita cuestionarse frente a un interés particular, y superar las primeras impresiones, a partir del desarrollo de ejercicios de pensamiento estructurados. Posteriormente, se propone la estrategia de artificialización del mundo natural, que para Valencia et al. (2003), consiste en que: “El sujeto se ve en la necesidad de proponer modelos, diseñar experimentos, simular situaciones, acuñar conceptos, anticipar eventos, elaborar generalizaciones y definir criterios metodológicos que enriquecen las explicaciones al fenómeno conocido” (p. 4).

La experiencia básica trasciende las primeras impresiones con el deseo o la necesidad de construir explicaciones que se aproximen a la comprensión del fenómeno, en ese sentido, organizar la información de tal manera que, al identificar variables y condiciones le permita crear un escenario experimental, el cual es orientado con intenciones y pretensiones respecto a un conocimiento en particular, también, es importante resaltar que cada sujeto tiene un saber y una experiencia propia que contribuye a complejizar sus interpretaciones.

Lo anterior, se orienta hacia la estrategia de complejización de las relaciones que, según Valencia et al. (2003), permite:

En una renovada instancia la construcción del fenómeno es posible concebirla en su dimensión compleja lo cual demanda un cambio en las formas de mirar, de pensar y de hacer del sujeto que conoce (p. 5).

Desde este contexto los problemas de conocimiento destacan la posibilidad de articular condiciones de orden epistemológico, disciplinar y criterios de actuación para configurar problemáticas de estudio y rutas explicativas propiciando un diálogo permanente con el objeto de estudio, para la construcción de explicaciones relacionadas con el mismo.

En otras palabras, lo que configura un nuevo discurso dentro del cual el sujeto comparte y comunica su experiencia del mundo natural, demanda la organización de ideas que evidencian la transformación que el sujeto ha presentado respecto a los conocimientos, las formas de cuestionarse y de observar, lo que indica una construcción de lo que evidenció en la artificialización y por tanto una deconstrucción de su sistema de creencias.

Teniendo en cuenta lo descrito hasta el momento los referentes epistemológicos que sustentan los problemas de conocimiento como estrategia alternativa para la enseñanza de las ciencias, vinculan ejercicios desde el aula a través de los cuales se cuestiona la naturaleza del conocimiento, su origen y validación como un proceso de construcción social, donde la interacción entre los actores del proceso educativo permite la elaboración de explicaciones socialmente válidas, como lo menciona Candela (2013):

El estudio sobre la actividad discursiva que se construye en la interacción social maestro-estudiante representa uno de los instrumentos más poderosos para avanzar en la dirección de una mejor comprensión acerca de cómo a través de sus conversaciones construyen comprensiones sobre los fenómenos físicos y naturales que los rodean (p.48).

Con los aportes de Candela (2013) se reconoce el carácter de la ciencia como construcción social dentro del que se resalta el diálogo permanente que se genera entre los interlocutores que

intervienen en los escenarios escolares, permitiendo procesos reflexivos sobre sus propios intereses a partir de los cuales emerjan nuevas inquietudes que los motiven a continuar con la construcción de explicaciones.

Referente pedagógico de los problemas de conocimiento

Los problemas de conocimiento proponen referentes pedagógicos que resaltan el papel del estudiante y del maestro como interlocutores de la escuela, que establecen diálogos permanentes frente a situaciones diversas, el maestro es concebido como, “posibilitador de dinámicas de transformación cultural y un intelectual ideológicamente comprometido con nuevas maneras de entender los contextos en los que desarrolla su labor. (Valencia et al. 2003, p. 6).

El maestro desde su rol en la escuela debe estar en constante reflexión sobre su quehacer docente, las intervenciones que realice deben ser movilizadas por los intereses profesionales que lo motivan a enseñar, generando estrategias innovadoras que transformen su labor y atiendan las necesidades de su contexto.

La relación entre el estudiante y el conocimiento está mediada por el maestro, quien posibilita un encuentro entre la experiencia y sus pares que le permita confrontar las certezas que posee para poderlas transformar en explicaciones de su realidad, como lo menciona Valencia et al, (2003):

Construye y reconstruye a partir de las múltiples relaciones que establece en su espacio cultural y que hace de la actividad de conocer una posibilidad para criticar permanentemente aquello que aparenta ser socialmente válido; un sujeto que elabora formas creativas de relacionarse consigo mismo, con los otros y con su entorno, y que es capaz de emocionarse con el conocimiento (p. 6).

Es así como el cuestionar su realidad en espacios de construcción recíproca brinda al maestro la posibilidad de asumir diferentes riesgos que le permitan dinamizar las formas de enseñanza contemplando al estudiante como un “sujeto cognoscente al que hay que involucrar en los procesos de enseñanza aprendizaje” (Valencia, et al. 2003, p. 6).

Desde esta perspectiva, se cambia la manera de percibir la relación de docente-estudiante y por tanto su forma de actuar en el aula, para que la enseñanza de las ciencias se transforme en una práctica cultural, desde la cual el aula se conciba como “un sistema de relaciones sociales en donde las representaciones individuales se expresan, se alteran y coexisten con otras” (Valencia, et al, 2003). Es así cómo es posible concebir el ranario como un espacio de enseñanza en el cual se constituyen relaciones mediante las cuales de forma colectiva se actualiza el conocimiento y se fortalece un sistema de valores.

Referentes didácticos de los problemas de conocimiento.

Reconocer los referentes didácticos de los problemas de conocimiento resulta muy pertinente para este trabajo dado que involucran aspectos propios de la didáctica sin acudir a esta como una disciplina autónoma que establezca los instrumentos y elementos pertinentes para impartir un saber en particular, por el contrario como menciona Valencia et al, (2003) posibilita “reconocer la complejidad y particularidad en la que se desenvuelve la actividad del aula, permite delimitar algunos criterios de actuación y unas formas de trabajo que concretan procesos implicados en la constitución de los problemas de conocimiento” (p. 8).

En este sentido todas aquellas actividades realizadas en el aula o fuera de ella, dentro de un proceso de enseñanza, cobran significado y brindan elementos importantes para la configuración de problemas de conocimiento.

Frente a los criterios de actuación, los problemas de conocimiento reconocen aspectos cotidianos que se presentan en el aula para dar significado a cada uno de ellos, de esta manera no se establece un protocolo para el trabajo desde los problemas de conocimiento, por el contrario, se “considera más adecuado esbozar algunos criterios de actuación entendidos como estrategias que permiten al maestro aportar elementos para su constitución” (Valencia et al, 2003, p.9)

Es así como se proponen diferentes criterios de actuación entre los cuales se destacan:

- Situaciones desencadenantes como escenarios a partir de los cuales se problematiza frente a situaciones cotidianas que de manera colectiva y con el ánimo de la construcción de conocimiento se consolidan.
- Relaciones alternativas que constituyen una manera de construir los problemas de conocimiento desde el aula, de tal manera que los sujetos involucrados establecen relaciones bidireccionales con sus pares, con el entorno y con la experiencia con la cual pueden entender a través de múltiples perspectivas diversos fenómenos.
- Ambientes comunicativos, resalta la importancia de las múltiples maneras que el sujeto tiene para comunicarse y acceder a la información y así fortalecer sus propias construcciones a través de las cuales refleja sus interrogantes y diseña formas de trabajo.

Dentro de las formas de trabajo que describen los problemas de conocimiento destacan las diferentes acciones que se dan durante la configuración de estos, Valencia et al. (2003) referencian que:

Configurar un ambiente de trabajo en el aula, en donde las responsabilidades individuales, los intereses, las opiniones y el deseo de saber se conjuguen en una búsqueda común, propicia el diseño y el desarrollo de proyectos. En esta nueva organización se generan las condiciones para la construcción de explicaciones, el desarrollo de argumentaciones y la solución de problemas significativos. Esto es posible desde actividades como: salidas pedagógicas, desarrollo de planes de trabajo, realización de talleres, elaboración de materiales de divulgación (pp. 10-11).

De este modo la propuesta “El mundo oculto de la rana sabanera” cobra sentido frente a los problemas de conocimiento, buscando la participación permanente del estudiante y generando situaciones que permitan trascender de la emoción que evoca la interacción con el ambiente natural, los cuestionamientos que se generan a partir de las actividades propuestas y la

construcción de explicaciones sobre el fenómeno propuesto. Desde esta perspectiva, el estudiante se involucra en el proceso como un sujeto social de conocimiento,

es decir, un sujeto que se construye y reconstruye a partir de las múltiples relaciones que establece en su espacio cultural y que hace de la actividad de conocer una posibilidad para criticar permanentemente aquello que aparenta ser socialmente válido; un sujeto que elabora formas creativas de relacionarse consigo mismo, con los otros y con su entorno, y que es capaz de emocionarse con el conocimiento. (Valencia et al, 2003, p.6)

En consonancia, la propuesta de intervención en el aula vincula a los estudiantes buscando atender a sus intereses, que se modifican conforme a su participación dentro de las actividades y a su vez responden a las dinámicas que se establecen dentro del diálogo con los otros, transformándose en inquietudes que permiten cuestionarse sobre el objeto de estudio desde diferentes puntos de vista.

La observación y la representación

La importancia de la observación y la representación en la enseñanza de las Ciencias Naturales es la de reunir un lenguaje atribuido por las formas de interactuar con el medio natural y social.

Las experiencias construidas de manera individual o colectiva le proporcionan al ser humano una historia que le permite darle significado e interpretar los fenómenos.

En ese sentido, profundizar en la observación y la representación como elementos fundamentales en la enseñanza de las Ciencias Naturales, permite construir estrategias que vinculen esas formas de conocer a partir de ejercicios de observación y de interpretación, sobre objetos de estudio particulares, como lo es el desarrollo embrionario.

Desde esta perspectiva, observar trasciende de darle connotaciones al objeto a caracterizarlo o asociarlo con alguna experiencia, es decir, realizar una interpretación. Es así que Hanson. (1977) plantea la siguiente pregunta “¿Veo realmente algo diferente cada vez o solamente interpreto de una forma diferente lo que veo? Interpretar es pensar, hacer algo; la visión es un estado de la

experiencia.” (p. 9). De esta manera la interpretación se constituye desde las interacciones con lo natural y lo social, que otorgan sentidos y significados a los objetos observados, los cuales se reconstruyen a partir del diálogo con los otros de acuerdo con su experiencia.

Así mismo, la acción de observar está vinculada con el sistema nervioso, y cómo este a partir de receptores sensoriales identifica y da significado a lo que puede ver, no obstante, para comprender e interpretar un hecho o suceso, es necesario acompañarlo de un conocimiento que permite atribuirle variables y una base teórica que aproxime la observación a un hecho que es verificable y cambiante, de modo que, la acción de observar está estrechamente vinculada con un conocimiento. Así como lo menciona Hanson (1977) “se presupone de un conocimiento, la observación científica es, por tanto, una actividad cargada de teoría (patrones de descubrimiento)” (p.6).

Por ende, la experiencia con el entorno, la construcción de conocimiento en diferentes escenarios y lo organoléptico configuran que las observaciones se vean influenciadas y construidas alrededor de lo que el sujeto ha legitimado, por lo cual, al hablar de una observación científica, es imprescindible que el observador, posea un conocimiento del fenómeno y presente un interés particular sobre el cual desea estudiar, en ese sentido para el caso del estudio del desarrollo embrionario en anuros, las transformaciones que ocurren en el huevo cobra significado bajo una base teórica de lo contrario las interpretaciones estarían relacionadas con los cambios de formas dejando a un lado la estructura que se está formando en el nuevo individuo.

Lo anterior describe las maneras que los sujetos perciben y conocen el mundo natural, donde se configuran las representaciones que constituyen su realidad, como lo menciona Hacking (1996):

La primera invención característicamente humana es la representación. Una vez que hay una práctica de representar, viene inmediatamente a continuación un concepto de segundo orden. Éste

es el concepto de la realidad, un concepto que tiene contenido sólo cuando hay representaciones de primer orden (p. 163).

En este sentido, representar está relacionado con un concepto, otorgarle un significado, en otras palabras, es un lenguaje para referirse o designar algo, recibir una definición de lo que significa, es decir, una manera de comunicar. Las representaciones dan cuenta de la realidad, como lo menciona Hacking (1996):

Puede alegarse que la realidad, o el mundo, estaban allí antes de cualquier representación o lenguaje humano. Por supuesto, pero su conceptualización como realidad es secundaria. Primero se dio una actividad humana, hacer representaciones. Después vinieron los juicios acerca de si las representaciones son reales o no, verdaderas o falsas, fieles o infieles (p. 163).

Las representaciones, al ser una construcción del ser humano, están vinculadas con la concepción de realidad presente para cada población por tanto depende de sus ideologías, creencias o dinámicas sociales y culturales que marcan las maneras de representar.

Es así que, en la enseñanza de las ciencias naturales, no se busca verificar si las representaciones son falsas o verdaderas, se trata de coexistir con la diversidad cultural presente en la escuela, el diálogo con los otros posibilita construir o transformar dichas representaciones. Así como lo menciona Valencia et al. (2006):

Desde este punto de vista, el estudio de las representaciones no centra su interés en determinar si dichas representaciones son o no verdaderas o si corresponden con un modo de representar dominante, sino en mostrar que es posible transformar las formas de relación que se establecen entre los sujetos y entre ellos y los saberes que circulan en la Escuela, que hagan posible la coexistencia de múltiples formas de representar. Se trata entonces de hacer de las representaciones circulantes en la Escuela territorios de conflicto cultural que guíen a sus protagonistas hacia formas de relación equitativas y democráticas (p. 5).

Durante la construcción de la intervención de aula, es importante considerar estrategias que vinculen la observación, como habilidad indispensable del pensamiento científico, para que los estudiantes y maestras relacionen sus experiencias acerca del desarrollo embrionario y las compartan, de tal manera que el acto de observar permita espacios de diálogo a través de los cuales se trascienda las representaciones iniciales.

Los ranarios y la enseñanza del desarrollo embrionario

Abordar el desarrollo embrionario con la artificialización de las condiciones ambientales para que ocurra el fenómeno, implica coleccionar y mantener en cautiverio la especie que para este caso es la rana sabanera, como material educativo necesario para que la enseñanza cobre un valor agregado y contribuya en el desarrollo de habilidades científicas como lo son, la observación y conceptualización de fenómenos naturales, de este modo se acoge lo propuesto por Grilli. (2017) sobre el material natural en la biología escolar:

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias implican necesariamente introducirse en la metodología que las mismas tienen o utilizan para construir conocimientos. Las ciencias naturales se caracterizan por utilizar, sobre la base de un marco teórico, la observación del mundo natural y la experimentación con él, como parte fundamental de su metodología (p. 01).

Así mismo, hay varias metodologías que permiten encuentros con lo experimental, como lo son colecciones biológicas, salidas de campo, disecciones y bioterios, este último entendido como material educativo que se emplea en mayor medida en la educación primaria y media, como lo menciona Grilli, (2017):

En los centros educativos de nivel primario y medio, los dos tipos de bioterios más frecuentes son la pecera y el terrario. Se trata de contenedores, generalmente de vidrio, que albergan comunidades biológicas; las especies animales y vegetales que se tienen en ellos varían según diferentes intereses, circunstancias y proyectos educativos que el centro educativo tiene (p. 1).

Las instituciones educativas en algunas ocasiones no priorizan este tipo de material biológico o estrategias, que le permita a los estudiantes realizar una observación directa con el objeto de estudio, dadas las implicaciones de permisos y logística que conllevan.

Por esta razón el ranario que es una fusión entre el terrario y el acuario, dado que el grupo de animales al que alberga requiere de un ambiente acuático y terrestre para desarrollarse, permite la posibilidad de llevar al laboratorio los organismos y mantenerlos bajo condiciones ambientales simuladas, posibilitando encuentros y experiencias significativas en la construcción de explicaciones con el objeto de estudio.

Por otra parte, los terrarios con animales vertebrados demanda de cuidados específicos que deben ser liderados por las maestras a cargo para evitar la muerte o maltrato de estos especímenes, así como lo menciona Grilli. (2017):

Tanto peceras como terrarios conllevan una correcta instalación y cuidados posteriores que aseguren el mantenimiento del ecosistema, minimizándose así el sufrimiento de los animales y la muerte provocada. Existe abundante literatura en forma de manuales, guías y sugerencias que orientan sobre las condiciones de ventilación, humedad, temperatura y alimentación, que deben tener estos bioterios. Por otra parte, y dependiendo de la situación administrativa y funcional existente en los diferentes centros educativos, la instalación y el cuidado de los bioterios se realizan por personal docente y/o no docente. Son estas personas las que deben asegurar el real cumplimiento de los cuidados y de las condiciones que se establecen para las peceras y terrarios (p. 17).

Por esta razón, es pertinente reducir al máximo la exposición de individuos a condiciones de cautiverio, dados los cuidados y la responsabilidad moral sobre la manipulación de especies vivas. En consecuencia, un solo terrario es viable mantenerlo en el laboratorio del colegio, con las condiciones y personal dispuesto a hacerlo. Se aclara que los estudiantes no deben diseñar un terrario de manera individual, pero sí hacer parte de su mantenimiento.

A su vez, desde los problemas de conocimiento los estudiantes requieren una instancia que viabilice la transición entre la experiencia básica y la complejización de relaciones donde la artificialización del mundo natural se constituye como un puente que las interconecta, en este sentido:

El sujeto se ve en la necesidad de proponer modelos, diseñar experimentos, simular situaciones, acuñar conceptos, anticipar eventos, elaborar generalizaciones y definir criterios metodológicos que enriquezcan las explicaciones del fenómeno conocido (Valencia et al, 2003. p. 4).

Teniendo en cuenta lo anterior, el ranario representa la artificialización del mundo natural que precisa modelar las condiciones pre-cigóticas que los individuos de la especie *Dendropsphus molitor* requieren para que el desarrollo embrionario se presente, en este sentido Hacking, I, (1996) atiende a una:

Noción de representación que tiene raíces en la similitud. La similitud está sola. No es una relación. Crea los términos en una relación, Antes que nada, hay similitud, después similitud con respecto a. Primero hay y luego está lo real. Primero hay una representación y mucho más tarde hay una creación de conceptos en términos de los cuales podemos describir este u otro aspecto en el que hay similitud (p. 166).

De esta manera, el ranario como modelo, permite dar cuenta de fenómenos científicos y a su vez, como lo plantea Oliveira y Peticarrari (2022), permite:

Acompañar el proceso de formulación de hipótesis, la comprobación, el análisis de datos, la predicción, la argumentación entre otras habilidades importantes en la enseñanza de las ciencias (p. 3).

Es así, que el ranario como representación permite vislumbrar las similitudes con el ambiente natural del objeto de estudio y a partir del cual los estudiantes generan relaciones, establecen diálogos, construyen explicaciones y despiertan nuevos intereses.

La formación del club de los Herpetocuriosos “otra manera de trabajar”

La enseñanza de las ciencias refiere el desarrollo de contenidos que son de interés para una gran parte de la población estudiantil, a su vez despiertan la capacidad de asombro de los estudiantes y los motiva a indagar, descubrir, explorar y cuestionar sobre sus propios conocimientos, para construir bases sólidas que los lleven a explicar fenómenos de su entorno, atendiendo a diferentes dinámicas que se presentan. Trabajar un saber determinado con estudiantes de diferentes edades permite indagar sobre clubes de ciencia como una estrategia pedagógica que se hace pertinente para las pretensiones de este trabajo.

Conformar un grupo de diversas edades con la participación voluntaria de los estudiantes, dentro del cual se desarrollan actividades investigativas que respondan a problemáticas generadas a partir de sus propios intereses, va en concordancia con los propósitos de los clubes de ciencias que se “constituyen en un escenario en el que niños, jóvenes y adultos pueden potenciar sus ideas y su creatividad a través de una investigación” (Sossa et al, 2010).

Los clubes de ciencias, según Cubides et al, (2011) permiten:

La implementación de estrategias pedagógicas dirigidas a las nuevas generaciones que complementen y enriquezcan las experiencias educativas, desarrollando y aprovechando su curiosidad, creatividad y entusiasmo, lo que en últimas fortalecerá los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias (p. 126).

En consecuencia, si bien no es el objeto del presente trabajo, la conformación del grupo Herpetocuriosos atendió a los principios y objetivos propuestos en diferentes clubes de ciencias, generando actividades con las cuales se buscaba despertar el interés y promover el desarrollo del pensamiento científico, mediante el abordaje del desarrollo embrionario a través de actividades de interacción y participación que promuevan la divulgación científica.

Por todo lo anterior, los elementos mencionados en el marco pedagógico y la relación que se genera entre ellos, permiten la emergencia de una propuesta alternativa en la cual se vinculan elementos de orden teórico, pedagógico y didáctico, con los cuales el desarrollo embrionario se consolida como objeto de estudio enmarcado en los problemas de conocimiento, reconociendo a los estudiantes como sujetos conscientes que establecen diálogos permanentes, de los cuales se configuran nuevas explicaciones, que más allá de buscar validación, posibilitan despertar nuevos intereses, asombrarse por eventos que ocurren en su cotidianidad pero pasaban desapercibidos. A manera de síntesis a continuación se presentan, en la figura 27, el conjunto de relaciones que demanda la profundización pedagógica y que permiten dar cuenta de los referentes que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la propuesta.

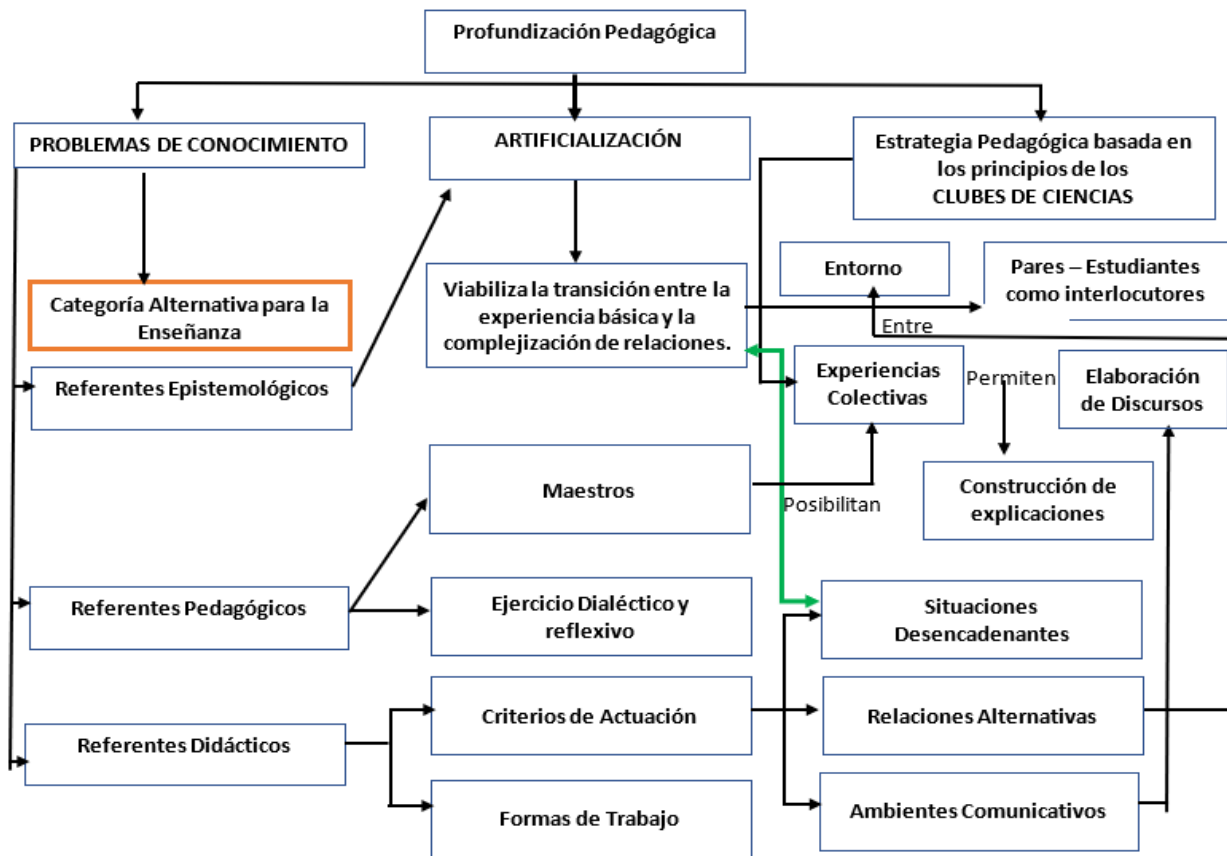


Figura 27. Relación entre los elementos que configuran la profundización pedagógica.

Intervención en el aula: viaje al mundo oculto de la rana sabanera

La profundización teórica, la interacción en los escenarios dispuestos en los diferentes seminarios de la MDCN y una serie de reflexiones que surgieron de los distintos diálogos con los asesores frente al desarrollo embrionario y cómo este se configura en un problema de conocimiento, lleva a plantear una serie de actividades intencionadas que buscaban la construcción de explicaciones por parte de los estudiantes frente a los procesos que permiten el desarrollo embrionario y constituyen la intervención en el aula que se describe en las siguientes páginas.

La propuesta de intervención en el aula se construyó de manera paralela a la profundización disciplinar y pedagógica, por lo cual las actividades complementarias que se desarrollaron atendieron a comentarios y expectativas de los estudiantes que se vincularon al trabajo, esto permitió establecer la pertinencia del lenguaje y los contenidos que se esperaban profundizar durante su desarrollo.

Como resultado, se configuró la propuesta de intervención en el aula “*el mundo oculto de la Rana Sabanera*” dentro de la cual se proyecta el desarrollo embrionario como un objeto de interés para que los estudiantes profundicen sobre este. A lo largo de la propuesta se retoman los elementos que se exponen en la figura 28.

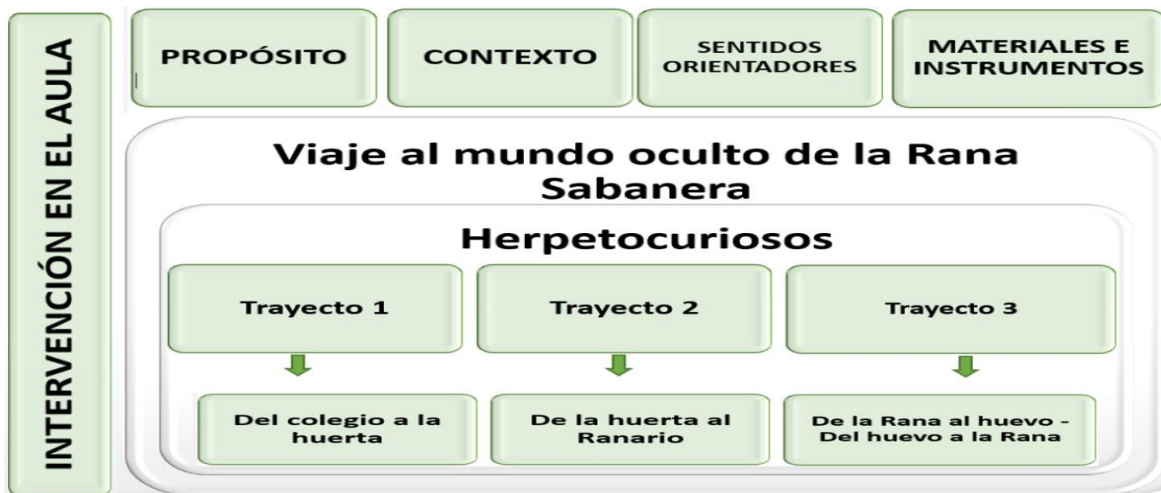


Figura 28. Elementos que configuran la intervención en el aula.

Desarrollo de la propuesta

La intervención en el aula se desarrolló en el colegio Anglo Americano de Bogotá; durante esta se convocaron a los vigías ambientales de los grados de tercero a quinto de básica para conformar el club⁵ de los “Herpetocuriosos”, con el propósito de constituir el grupo focal con el cual se desarrollaría la intervención, como un espacio alternativo para que los estudiantes despertaran interés sobre el desarrollo embrionario e interactuaran de manera directa con individuos de la especie seleccionada.

El desarrollo de la propuesta con niños de diferentes edades y con distintos grados de escolaridad obedece a que el estudio del desarrollo embrionario no está detallado en el currículo para ningún grado en específico de la sección primaria, frente a este saber se evidencian algunas nociones de desarrollo embrionario en grado segundo y tercero en el que clasifican a los animales según la

⁵ El club es un elemento que emerge y al que se acude por la estructura del grupo como se menciona en el marco pedagógico del presente trabajo, cabe la pena resaltar que no es el interés ni el objetivo principal de la propuesta por tanto no se ahondará en su constitución ni desarrollo.

forma en la que se desarrollan y nacen sus crías bajo los criterios de (ovíparo, vivíparo y ovovivíparo).

Para el desarrollo de la propuesta se dio apertura a un espacio de 50 minutos en 7 sesiones desarrolladas los miércoles, en la cual los vigías ambientales se desplazaron al laboratorio de ciencias para aplicar las actividades propuestas.

Sobre los Herpetocuriosos y las maestras

Los estudiantes involucrados fueron los vigías ambientales elegidos por elección popular para el año 2022 de cada curso de los grados de tercero a quinto, para un total de 24 estudiantes cuyas edades oscilaban entre los 8 y 12 años.

Para el trabajo inicial se invitó a los estudiantes a participar en el proyecto como una motivación que los reconociera como actores principales de la propuesta y les generará una sensación de comodidad para dar a conocer sus dudas y expectativas como una contribución permanente a la construcción del trabajo.

De esta manera, los estudiantes se consideran sujetos de conocimientos, por ende, se constituyen a partir de “una actividad de construcción de explicaciones. Es decir, como un tipo de actividad que está social e históricamente legitimada y que como tal es contextual y provisional”

(Valencia, 2003, p. 1).

Atendiendo a esta perspectiva se pretende que, a partir del asombro que despierta en el estudiante su acercamiento a entornos naturales y a la interacción con individuos de otras especies, se genere la construcción de explicaciones, se formulen interrogantes y se trascienda de la experiencia básica, como lo menciona Valencia et al. (2003):

Hacerle frente a las preguntas, dejarse enriquecer por el hecho construido y sancionado y movilizar el pensamiento renovándose y rectificando incesantemente. Se entiende el cuestionamiento de la experiencia básica como la instancia que permite al sujeto adquirir un sentido renovado del

fenómeno que le permite cuestionar las analogías primeras, enriquecer las metáforas, complejizar las descripciones y explicitar los sentidos (p.4).

Las maestras por su parte se involucran como actores que brindan los escenarios, espacios, tiempos e instrumentos, median entre las explicaciones que se suscitan a partir de la experiencia y el saber disciplinar involucrado para dar cuenta del fenómeno presentado. Atendiendo a los sentidos que orientan la propuesta y los escenarios en los que se desenvuelven los estudiantes, las maestras intervienen en un ejercicio académico en el cual realizan una profundización disciplinar y pedagógica que posibilita reflexionar permanentemente sobre su proceder en el aula.

Lo anterior muestra al docente como un agente que interviene en el proceso de enseñanza aprendizaje, posibilitando la apertura de espacios de reflexión bajo los cuales los estudiantes se cuestionen sobre el entorno, evalúen su propio proceso y actúen para reconocer las posibilidades de mejora sobre las acciones que llevan a cabo para explicar el mundo natural, de esta manera asuman la ciencia como “una actividad de construcción de representaciones que coexisten con otras” (Valencia et al, 2003).

Sentidos orientadores

La intervención en el aula adquiere sentido dado que materializa los elementos orientadores de los problemas de conocimiento como estrategia de enseñanza de las ciencias, que simultáneamente justifican la propuesta, tales como son el trascender de la experiencia básica, la artificialización, y la complejización de relaciones.

Desde lo anterior, los problemas de conocimiento demandan partir de la experiencia básica, entendida esta como “la primera aproximación a los eventos del mundo natural” (Valencia et al, 2003, p.4). o acudir a diferentes vivencias que los participantes hayan presentado en torno al

saber particular que se desea tratar y trascender, desde esta, a la construcción de explicaciones que den cuenta de las relaciones que se constituyen a partir de las actividades propuestas.

En este sentido, la intervención en el aula se convierte en el escenario en el cual se articulan los elementos de los problemas de conocimiento, para generar el diálogo sobre el desarrollo embrionario que se suscita desde las experiencias y la interacción entre los participantes y el fenómeno artificializado, lo que a su vez permite conocer inquietudes, construcción de argumentos, reconocer motivaciones e intereses y posibilitar la movilización pretendida entre lo básico y lo relacional.

Todo lo anterior, busca asociar elementos que permitan la construcción de explicaciones mediante la realización de una serie de actividades con unas intenciones determinadas, a partir de las cuales se generen representaciones sobre el desarrollo embrionario de la rana sabanera.

Descripción de la propuesta

La intervención en el aula se diseñó a partir de una serie de fases denominadas trayectos que vinculan un referente propio de los problemas de conocimiento, mediante el cual se buscaba articular los sentidos orientadores anteriormente descritos.

De esta manera, se configuró una guía de trabajo⁶ con la cual se buscaba recopilar información de los participantes, presentando al personaje Renato Sabana quien acompañaba a los Herpetocuriosos durante todos los trayectos, y registró las diferentes construcciones que se generaron en los distintos trayectos que constituyeron la intervención, recurriendo a una serie de recursos didácticos, audiovisuales, impresos, material biológico vivo y preservado, entre otros,

⁶ Guía de trabajo Herpetocuriosos: https://issuu.com/eortiza/docs/1_merged

para la complejización de relaciones como elemento constitutivo de los problemas de conocimiento.

En el siguiente apartado, se describe cada uno de los trayectos de la intervención en el aula denominada “**Viaje al mundo oculto de la rana sabanera**”. Conformación del club de los Herpetocuriosos: Frente a las dinámicas establecidas por la institución se convocó a los vigías ambientales a conformar el club los Herpetocuriosos mediante una invitación para que de manera voluntaria se involucraran a la experiencia. Una vez establecido el grupo se inició el recorrido.

Trayecto 1 “Del Colegio a la Huerta”

El trayecto 1 propuso articular la experiencia básica y reconocer saberes previos de los Herpetocuriosos, con base en una actividad introductoria que consistió en un ejercicio discursivo en el que se retoma la fábula de Rafael Pombo “El Renacuajo Paseador” en aras de identificar aspectos mencionados en la lectura que no correspondiera a la naturaleza del grupo de seres vivos a estudiar. (Ver Figura 29).

Posteriormente los participantes desarrollan un ejercicio (ver figura 30) que pretendía despertar la curiosidad y generar un intercambio de ideas mediante el desarrollo de cuatro pistas que indagan sobre hábitos, hábitat, alimentación y características propias del grupo de los anfibios, los Herpetocuriosos registraron las respuestas a las pistas describiendo los aspectos que conocían mediante una socialización entre ellos.

Para finalizar el trayecto 1 se da a conocer el ambiente natural de la Rana Sabanera, mediante la proyección de un video (ver figura 31) elaborado por las docentes en el cual se realiza un recorrido por ambientes naturales de Bogotá que son uno de los hábitats de la Rana sabanera, mencionando algunas de las particularidades de esta especie con el ánimo de que los participantes reconozcan características propias de este grupo y las condiciones del ambiente natural en el que se encuentran.



Figura 31. Foto de presentación del video Renato Sabana. Elaboración propia.

Nota. Video elaborado por las autoras. Disponible en:
<https://www.youtube.com/watch?v=PLtm3WQ2WCM>

De los elementos presentados en el video los Herpetocuriosos registraron cinco aspectos que consideraron necesarios para que la Rana Sabanera pueda sobrevivir en el formato que se muestra en la figura 32.



Figura 32. Apartado de la cartilla de los Herpetocuriosos para el registro de los elementos que consideran indispensables para que sobreviva la rana.

Trayecto 2 “De la Huerta al Ranario”

El segundo elemento de los problemas de conocimiento que orientan la propuesta es “la artificialización del mundo natural” entendida como “la condición desde la cual el sujeto se distancia de la experiencia básica” (Valencia et al, 2003, p.4), de esta manera se busca cuestionar el mundo natural y asignarle condiciones que permitan obtener información sobre un fenómeno de interés, es así como este elemento se retoma en el diseño de las actividades propuestas para el trayecto 2, que buscaron representar el ambiente natural de la Rana Sabanera.

Con el ánimo de reconocer las interpretaciones que los Herpetocuriosos presentaban frente a un ambiente simulado y los requerimientos para su construcción se desarrolló la actividad “Invitamos a Renato al colegio” (figura 33) a partir de la cual se solicitó representar gráficamente el ambiente de la rana que se pretendía artificializar.

INVITAMOS A RENATO AL COLEGIO

Una tarde Renato quiso venir a explorar otro lugar para vivir y se encontró que en el colegio Anglo Americano estaban buscando un anuro para cuidar el laboratorio de biología durante el tercer bimestre, para eso debía alistar su maleta con los materiales necesarios para construir su casa temporal.

Ayudémosle a Renato a dos cosas:

A. Realizando un listado de los materiales que necesita para su casa en el colegio:

- _____
- _____
- _____
- _____

B. Diseñando un modelo de la casa para Renato

Figura 33. Actividad para reconocer las representaciones que los Herpetocuriosos presentaban del ambiente para Renato.

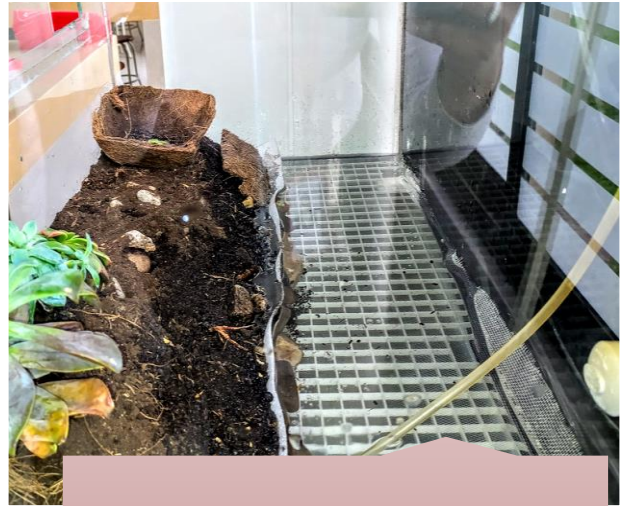
Establecidos los materiales, instrumentos y requerimientos se procedió a la construcción del Ranario, teniendo como referente las indicaciones descritas en el marco teórico, lo que permitió establecer una serie de etapas con una intención definida durante el proceso de recreación del ambiente como se describen en la tabla 2 y figura 34.

Tabla 3. Descripción de las etapas de la intervención en el aula la intención y la actividad asociada.

Etapas	Intención	Actividad asociada en la cartilla
Delimitación del espacio acuático terrestre	Asociar las características particulares del grupo de los anfibios al ambiente en el que se desarrollan	
Aireación del agua	Cuestionar a los estudiantes sobre las condiciones específicas del agua que permiten a los organismos sobrevivir.	De la Huerta al Colegio
Recreación del ambiente natural	Relacionar las características de la especie con las necesidades ambientales que permiten la supervivencia.	
Incorporación de las Ranas en el Ranario	Verificación de los presupuestos asociados a las condiciones ambientales y la supervivencia de los individuos al ambiente recreado.	Invitamos a Renato al Colegio
Mantenimiento de las Ranas	Reconocimiento de las necesidades a satisfacer para la supervivencia de las ranas.	Es hora de comer



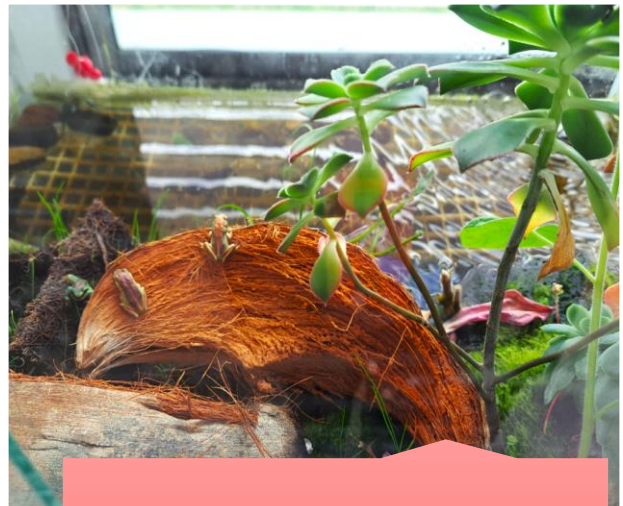
Delimitación del espacio terrestre - acuático



Aireación del agua



Ambientación del entorno natural



Incorporación de las ranas al ranario

Figura 34. Proceso de Artificialización.

Trayecto Final “De la Rana al Huevo” y “Del huevo a la Rana Sabanera”

Continuando con los elementos que aportan los problemas de conocimiento como estrategia para la enseñanza de las ciencias, las actividades propuestas en el trayecto final buscaron brindar elementos para la complejización de relaciones vinculadas al desarrollo embrionario de la Rana Sabanera. Para esto se propusieron tres actividades.

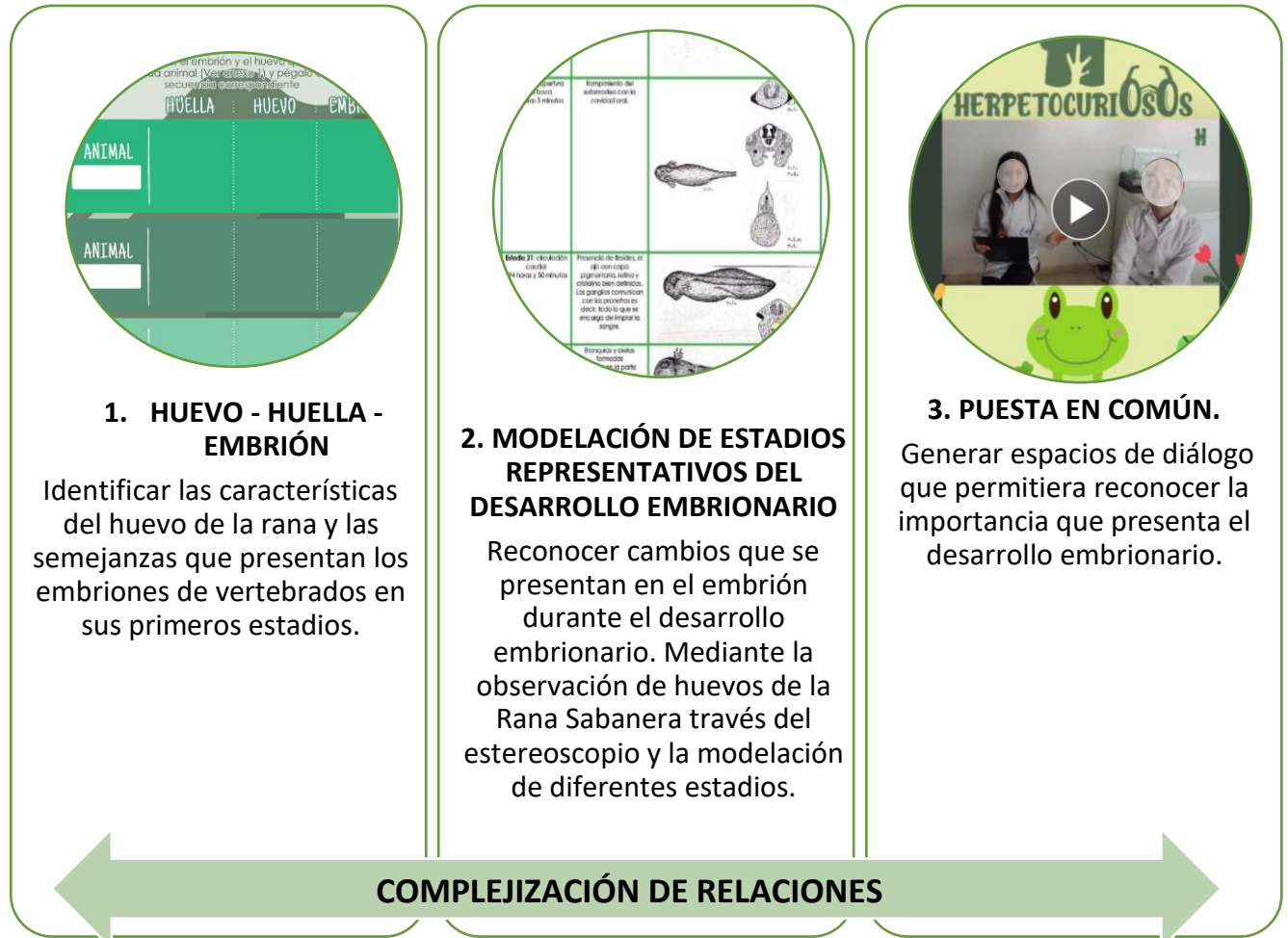


Figura 35. Actividades para la complejización de relaciones.

En la tabla 3, se recopila los trayectos, las actividades y los propósitos presentes en la intervención el aula, las cuales permitieron estructurar y organizar la sistematización de la presente intervención.

Tabla 4. Organización de la intervención en el aula.

Herpetocuriosos: viaje al mundo oculto de la rana sabanera.			
Fases	Propósitos	Actividades	Recursos
Conformación del grupo Herpetocuriosos.	Contextualizar a los estudiantes con la propuesta del aula, los alcances de su participación y los elementos teóricos fundamentales para su intervención durante la propuesta.	Ejercicio de discusión “El renacuajo paseador” Reconocimiento de las características de Renato (sigue la pista)	Invitación en físico para los vigías ambientales para conformar el grupo de los Herpetocuriosos. Cartilla Impresa Video.
Trayecto 1 Del colegio a la huerta: Experiencia Básica	Reconocer el ambiente natural de la rana sabanera.	¿Cómo te imagina a Renato de bebé? Proyección del video	
Trayecto 2 De la huerta al Ranario: Artificialización del Ranario.	Identificar las condiciones ambientales del hábitat natural de la Rana sabanera y los elementos que requiere para su desarrollo en cautiverio.	Invitamos a Renato al colegio. Recreación del ambiente natural de la rana sabanera. Es hora de comer.	Materiales propios para la configuración del Ranario (Acuario, sustrato, agua, rejilla, plantas, malla) Cartilla Impresa. Material biológico
Trayecto 3 De la Rana al Huevo: Una mirada al interior del huevo de la rana.	Comparación de embriones para reconocer las características y particularidades del huevo de la rana. Identificación de diferentes estadios del desarrollo embrionario de la rana sabanera.	Huevo – Huella - Embrión Observación de huevos de la Rana sabanera a través del estereoscopio. Modelación de estadios del desarrollo embrionario de la Rana Sabanera.	Material Biológico Preservado Porcelanicrón Cartilla Impresa
Trayecto 4 Puesta en común Complejización de relaciones	Compartir las diferentes construcciones de los Herpetocuriosos en espacios de diálogo que den cuenta de los desarrollos alcanzados a lo largo de la intervención en el aula y la transformación de la experiencia básica.	Nota periodística sobre los Herpetocuriosos	Video de Presentación Revista institucional Viajeros

Sistematización de la Experiencia: Aportes para la Comprensión del Desarrollo Embrionario y sus Implicaciones en la Historia De Vida De *Dendropsophus molitor*

El presente capítulo tiene como propósito recuperar la experiencia de la intervención, en la que el docente como mediador, facilitador y agente crítico y reflexivo se interesa por reconocer la complejidad que subyace de las interacciones que tienen lugar en el aula, las cuales reflejan las representaciones del mundo natural, la construcción de explicaciones y las formas de trabajo que emergen en las dinámicas escolares.

Este ejercicio reflexivo se realiza en el marco de los problemas de conocimiento, que, como estrategia para la enseñanza de las ciencias, posibilita identificar las transiciones entre las experiencias básicas y la construcción de explicaciones, las cuales dotan de sentido el quehacer en el aula y permiten identificar la complejización de relaciones que surgen en la interacción con el objeto de estudio propuesto.

Desde esta perspectiva, la sistematización de experiencias se constituye en un ejercicio de reflexión sobre el quehacer docente, un aporte metaevaluativo sobre las formas de producción de conocimiento y de discursos que integran lo teórico y lo práctico, que hace de los actores del proceso educativo agentes transformadores de su realidad, de esta manera “la sistematización es un proceso permanente, acumulativo, de creación de conocimientos, a partir de nuestra experiencia de intervención en una realidad social” Barnechea, et al, (1992).

Desde lo anteriormente señalado, la sistematización se desarrolla en consonancia con cada uno de los elementos de los problemas de conocimiento, articulando las actividades realizadas y las

etiquetas propuestas para la agrupación y posterior análisis de los registros obtenidos en la intervención, de manera que, en cada una de ellas, se trascienda de la descripción básica y brinde referentes que permitan determinar los aspectos observacionales y experimentales que aporten a la comprensión de la historia de vida de *Dendropsophus molitor*, con estudiantes de básica primaria.

Para su desarrollo, esta sistematización se nutre de las interpretaciones hechas sobre los registros que realizaron los estudiantes a lo largo de los 4 trayectos descritos en la intervención, en los cuales se identificaron observaciones, discusiones, debates y cuestionamientos, que dieron cuenta de lo solicitado en cada actividad, que, una vez leídos y analizados, permitieran la consolidación de tres etiquetas de agrupamiento, que visibilizaran aspectos de orden teórico, técnico y pedagógico que fueran pertinentes para el estudio del desarrollo embrionario en *Dendropsophus molitor* como problema de conocimiento.

En la siguiente tabla, se relacionan las etiquetas de agrupamiento, su respectiva descripción, el elemento inmerso asociado a los problemas de conocimiento, los trayectos y las actividades propuestas para la intervención, a partir de las cuales se analizaron los diferentes testimonios y experiencias que tuvieron lugar durante la propuesta de aula.

Tabla 5: Relación de las etiquetas de agrupamiento, elemento de los problemas de conocimiento, trayecto y actividades de la intervención en el aula

Etiquetas	Descripción	Elemento de los PC	Trayecto	Actividad asociada
Los Ambientes Naturales Y Su Vínculo Con El Aula	Vincular Los Ambientes Naturales Al Aula Se Constituye En Un Ejercicio Pedagógico Que Permite, Motivar, Sorprender A Los Estudiantes Con El Propósito De Que Se Interroguen Con Respecto A Las Condiciones Particulares De La Historia De Vida De <i>Dendropsophus molitor</i>	Experiencia Básica	Del Colegio A La Huerta	Análisis De La Fábula “El Renacuajo Paseador” De Rafael Pombo
				Características Del Grupo de Anuros
				Video – El hogar natural de Renato Sabana – La huerta Muyso en Bogotá
Los Montajes (Ranario) Y Su Aporte En El Estudio De Las Condiciones De Vida De <i>Dendropsophus molitor</i>	El Ranario Como Artificialización Del Mundo Natural Constituye Una Estrategia Que Aporta En El Estudio De Las Condiciones De Vida De Los Anuros En Estado Adulto.	Construyendo Explicaciones	De La Huerta Al Colegio	Modelo De Casa – Elementos Del Ambiente
				Materiales Para Su Construcción (Artificialización Del Mundo Natural)
				Mantenimiento: Es Hora De Comer
La Observación Y La Representación En La Comprensión De Los Cambios En El Desarrollo En Anuros	El Desarrollo De Experiencias De Observación Aporta En El Reconocimiento De Estructuras, Aspectos Que Cambian Y Permanecen En El Desarrollo Embrionario Y La Construcción De Diferentes Formas De Representación De La Historia De Vida De La Rana Sabanera.	Complejización De Relaciones	De La Rana Al Huevo Del Huevo A La Rana	Huella – Huevo – Embrión
				Modelizando Huevos De Rana
				Estadios Del Desarrollo Embrionario – Identificación Del Cambio

Los registros de los estudiantes se manejaron como aproximaciones al objeto de estudio, las cuales permitieron identificar las diversas formas en las que se comprendió el desarrollo embrionario como problema de conocimiento.

Etiqueta 1. Los ambientes naturales y su vínculo con el aula

Esta etiqueta de agrupamiento y análisis se fundamenta en el marco del primer elemento constitutivo de los problemas de conocimiento como estrategia de enseñanza, que busca cuestionarse sobre la experiencia básica, que, en palabras de Valencia et al, 2003 “*permite al sujeto adquirir un sentido renovado del fenómeno que le permite cuestionar las analogías primeras, enriquecer las metáforas, complejizar las descripciones y explicitar los sentidos*”.

Para este propósito, en el primer trayecto de la intervención en el aula, denominado “**Del Colegio a la Huerta**”, se desarrollaron tres actividades que permitieron motivar y atraer la atención de los estudiantes, para que se cuestionaran respecto a las condiciones particulares de la historia de vida de *Dendropsophus molitor*, sus características y el ambiente en el que habitan. La actividad inicial correspondió al análisis de la fábula “El renacuajo paseador” de Rafael Pombo, a partir de la siguiente pregunta: ¿Qué características del renacuajo, presentes en la fábula, no son posibles en la naturaleza?, dicho interrogante permitió identificar los siguientes elementos discursivos:

(IC – EI)⁷: El renacuajo no puede caminar, debió haberse ido de otra forma.

(IC – EI): El renacuajo no tiene manos, no pudo dársela a doña ratona.

(IC – EI): El renacuajo no puede saltar, se debió escapar nadando.

(IC – EI): Para poderse escapar y saltar debió haber sido rana y no renacuajo.

⁷ En el proceso de sistematización de los resultados la codificación de los estudiantes involucrados se realizó utilizando las siguientes convenciones IC: Intervención de clase EI: Estudiante indeterminado, los registros bajo este código corresponden a intervenciones orales realizadas por los estudiantes durante el desarrollo de las sesiones. H: Herpetocuírioso.

Esta actividad permitió a los estudiantes cuestionarse con respecto a las características del renacuajo, aportando reflexiones en las que se vincularon las nociones de forma y de cambio, por un lado, al asociarlas con una etapa de la metamorfosis, y por otro, lo que implica el proceso de transformación en los cambios del organismo, así mismo, les permitió relacionar estructuras que se presentan en las etapas del desarrollo del organismo con las características del ambiente en el que se desarrollan, es decir, incorporaron en sus argumentaciones las condiciones ambientales como elementos importantes en la historia de vida de la rana sabanera.

Desde esta perspectiva, se hace evidente que los estudiantes aportan elementos de orden teórico con relación a la metamorfosis, que, si bien no es el interés de esta propuesta, brinda referentes discursivos para el desarrollo embrionario en *Dendropsophus molitor*, dado que se reconocen sus etapas (renacuajo, juvenil y rana adulta), que, relacionadas al objeto de estudio, posibilitan vincular etapas pre y postmetamórfico.

La segunda actividad, denominada “Conociendo a la Rana Sabanera” tuvo como intención enriquecer la experiencia brindada en el marco del análisis de la lectura del Renacuajo Paseador, esto a fin de reconocer, a través del desarrollo de 4 indicios, características anatómicas, fisiológicas, nutricionales y ambientales en la historia de vida de *Dendropsophus molitor*, definida la intencionalidad, por cada indicio se recuperaron los siguientes registros y testimonios:

Tabla 6: Resultados Actividad 2: “Conociendo a la rana sabanera”

Indicio	Registros y testimonios de los estudiantes
<i>Esqueleto por dentro tengo y en ambientes húmedos me encuentro, no tengo alas, no tengo pico, primero nado y después camino.</i>	<i>Si tiene esqueleto por dentro es vertebrado, como nosotros. Si vive en ambientes húmedos requiere lluvia y calor No es ave, insecto o humano</i>
<i>Salí de un huevo, me transformé, en mis primeras etapas me alimentaban con algas, ahora que soy adulto, las cambié por larvas, algunas moscas y garrapatas.</i>	<i>Renato es ovíparo porque viene de un huevo. Renato presenta metamorfosis porque tiene etapas. Renato es carnívoro.</i>
<i>Dejé la cola por cuatro patas, formé pulmones pa’ respirar, pero mi piel siempre húmeda está, por si oxígeno me falta, por ella pueda entrar.</i>	<i>Renato respira por pulmones y por su piel. Renato necesita oxígeno. Renato cambia en cada etapa.</i>
<i>Más pequeño que la hembra soy y en las noches le canto para atraer su atención.</i>	<i>Renato es pequeño en comparación con Renata. Renato canta para encontrarse con Renata.</i>

La actividad permitió identificar que las inferencias realizadas por los estudiantes se aproximan, sin hacer taxonomía, a la descripción de características representativas de *Dendropsophus molitor*, al incluirla en el grupo de los vertebrados, al precisar su tipo de nutrición (heterótrofa), al indicar los modos de respiración (pulmonar y cutánea) en la etapa adulta y al incorporar su tipo de reproducción asociada a la oviparidad, que son elementos que desencadenaron cuestionamientos acerca del objeto de estudio propuesto, tales como:

(IC – EI) ¿De dónde se origina la rana?

(IC – EI:) ¿cómo nace la rana?

Los interrogantes enunciados, registros de los estudiantes, emergen de las inferencias realizadas y de la integración de los referentes teóricos abordados en las actividades, los cuales brindaron elementos discursivos que orientaron la práctica educativa en el marco de las intencionalidades

de la propuesta, que simultáneamente, permitieron la transición entre la experiencia básica y la complejización, que fueron evidentes en el reconocimiento de aspectos como:

La noción de forma, al identificar a *Dendropsophus molitor* como un organismo en el que se pueden observar diferentes estructuras en las etapas de la metamorfosis, la noción de cambio, en cuanto a las características que permanecen o desaparecen en cada etapa de la historia de vida, de renacuajo a adulto, la posibilidad de diferenciar el macho de la hembra en la especie *Dendropsophus molitor*, el desarrollo ovíparo en la especie estudiada y las características del ambiente y su relación con la historia de vida de la rana, y a las relaciones construidas entre forma, cambio, reproducción, condiciones ambientales, desarrollo embrionario e historia de vida de la rana sabanera.

Lo anteriormente enunciado, permitió construir esquemas relacionales entre algunas estructuras morfológicas de la rana y sus etapas metamórficas, como la presencia de cola en los renacuajos, la aparición de patas y el mantenimiento de la cola en la rana joven y la pérdida de esta en la rana adulta, adicionalmente, reconocieron que estos cambios, observables, están asociados a un ambiente ya sea acuático o terrestre, que en sus testimonios se enuncian de la siguiente manera:

(IC – EI): La rana tiene un hogar cuando es bebe, otro cuando es adolescente y varios cuando es adulta.

(IC – EI): El hogar del bebe rana está en el agua.

(IC – EI): Los bebes ranas nacen y crecen en el agua.

(IC – EI): La rana grande vive en la tierra, entre las matas.

(IC – EI): El renacuajo no tiene patas, solo cola.

Con base en lo descrito, para la finalización del primer trayecto, y con el propósito de enriquecer la experiencia y posibilitar la transición esperada entre lo básico y lo complejo, se realizó un

vídeo-foro sobre el material audiovisual denominado “Renato Sabana”⁸, con el cual se fortalecieron, en el orden conceptual, los contenidos trabajados desde las actividades anteriores, de manera que, permitiera articular estos desarrollos con la información teórica ofrecida por el vídeo.

En este sentido, el contenido del vídeo permitió que los estudiantes reconocieran que la distribución geográfica de la rana sabanera incluye a la ciudad de Bogotá, que es una especie endémica colombiana y que su hábitat está constituido por cuerpos de agua de poca profundidad como los humedales, lo que generó en los estudiantes el planteamiento de cuestionamientos y afirmaciones tales como:

(IC – EI): ¿Renato Sábana puede vivir en este frío?

(IC – EI): La rana necesita agua para poder vivir, por eso vive cerca del agua.

(IC – EI): ¿Podrá vivir acá en el colegio?

Estos registros, permitieron a las docentes relacionar condiciones abióticas con la historia de vida de la rana sabanera, desde esta perspectiva, se concatenaron factores de orden biogeográfico específicos de la especie, por ejemplo; al habitar los entornos de la ciudad se asume que los individuos se encuentran en ecosistemas con una altitud de 1600 msnm a 3000 msnm, sobreviven en temperaturas entre 8° y 20°C aproximadamente, con una humedad relativa entre 73% y 83%, que son características de los ambientes naturales en los que se encuentran de manera natural, por tanto, es imperativo tenerlos en cuenta para la observación del desarrollo embrionario de *Dendropsophus molitor*.

⁸ Material Audiovisual creado por las autoras con fines educativos

Con base en lo anterior, la huerta Muyso, ubicada en la localidad de Barrios Unidos de la ciudad de Bogotá, aledaña al humedal El Salitre, descrita en el vídeo como uno de los hábitats de la especie, presenta las características ambientales y provee los recursos como alimento y pareja que se relacionan con la supervivencia y desarrollo de la rana sabanera.

Adicionalmente, en relación con el encuentro de los individuos para el amplexo los estudiantes asociaron los cantos nupciales del macho y la atracción que genera en la hembra, de manera tal, que permitió incluir la importancia de esta conducta en el proceso de apareamiento como antesala de la fecundación y la posibilidad del desarrollo embrionario de la especie, elementos que generaron los siguientes interrogantes:

IC – EI: “¿Quiénes son los que cantan, el rano o la rana?”

IC – EI: “¿Los renacuajos también producen sonidos?”

IC – EI: “¿Cómo saben que el canto es de uno de su misma especie?”

IC – EI: “¿en qué momento del día cantan?”

Desde esta óptica, los cuestionamientos y testimonios, realizados por los estudiantes, permitieron relacionar la conducta del canto nupcial con la ocurrencia del fenómeno de la reproducción, que es la situación desencadenante del desarrollo embrionario, así las cosas, se dio lugar a la descripción de los ambientes naturales en los que se desarrolla la especie y los cambios a lo largo de la historia de vida de los individuos.

El recorrido y actividades del trayecto 1, aportaron elementos de orden teórico a la experiencia básica de los estudiantes, enriqueciéndola y permitiendo la transición de la primera impresión hacia la generación de cuestionamientos sobre los fenómenos que allí acontecen, posibilitando la construcción de explicaciones relacionadas con el objeto de estudio propuesto.

Etiqueta 2: El ranario y su aporte en el estudio de las condiciones de vida de *Dendropsophus molitor*.

Este agrupamiento se fundamenta en el segundo elemento constitutivo de los problemas de conocimiento, que pretende acortar la distancia entre la experiencia básica y la construcción de explicaciones asociadas con el objeto de estudio, desde esta perspectiva, la artificialización del mundo natural, posibilita, en palabras de Valencia et al, 2003, que el estudiante vea la “necesidad de proponer modelos, diseñar experimentos, simular situaciones, acuñar conceptos, anticipar eventos, elaborar generalizaciones y definir criterios metodológicos que enriquecen las explicaciones”.

Para este propósito, el trayecto 2, denominado “**De La Huerta al Colegio**”, plantea tres actividades que indagan sobre los aspectos a tener en cuenta para traer a *Dendropsophus molitor* al colegio, desde esta perspectiva, la transición entre la experiencia básica y la construcción de explicaciones va tomando aspectos, de orden teórico y técnico, que amplían el acervo de información a tener en cuenta para la comprensión del desarrollo embrionario de la rana sabanera, relacionando procesos, etapas del organismo y características del ambiente, que en conjunto se asocian con la supervivencia del mismo.

Desde la intencionalidad definida, la primera actividad del segundo trayecto tuvo como propósito enriquecer la experiencia a partir de la indagación acerca de aspectos del ecosistema que influyeran en el desarrollo embrionario e historia de vida de *Dendropsophus molitor*, para esto se solicitó el diseño de un dibujo que permitiera reconocer la experiencia básica con respecto a la representación del ambiente, a partir de la siguiente pregunta: *¿Cómo te imaginas el hogar de Renato?*, de esta se desprenden los siguientes materiales gráficos que amplifican el

análisis y discusión sobre el objeto de estudio, dado que relaciona diversos factores de tipo abiótico con la historia de vida de la rana sabanera, desde esta perspectiva se obtuvieron registros que proveen elementos de análisis y aportan a la construcción de relaciones asociadas al objeto de estudio, de los cuales se resalta los comentarios que se enuncian a continuación:

(IC – EI): Con mucha maleza, barro, charcas de agua sucia y bichos para comer”

(IC – EI): “Debe tener espacio para ocultarse de sus enemigos”

(IC – EI): “Debe tener alimento y agua”

(IC – EI): “Con aire fresco y puro”

De esta manera, al describir condiciones del ambiente, se indaga por los componentes que los estudiantes asocian con el mantenimiento de la vida de la rana, más que con el desarrollo embrionario, como se relievra en los hallazgos que se obtuvieron de los registros gráficos (ver figura 36).

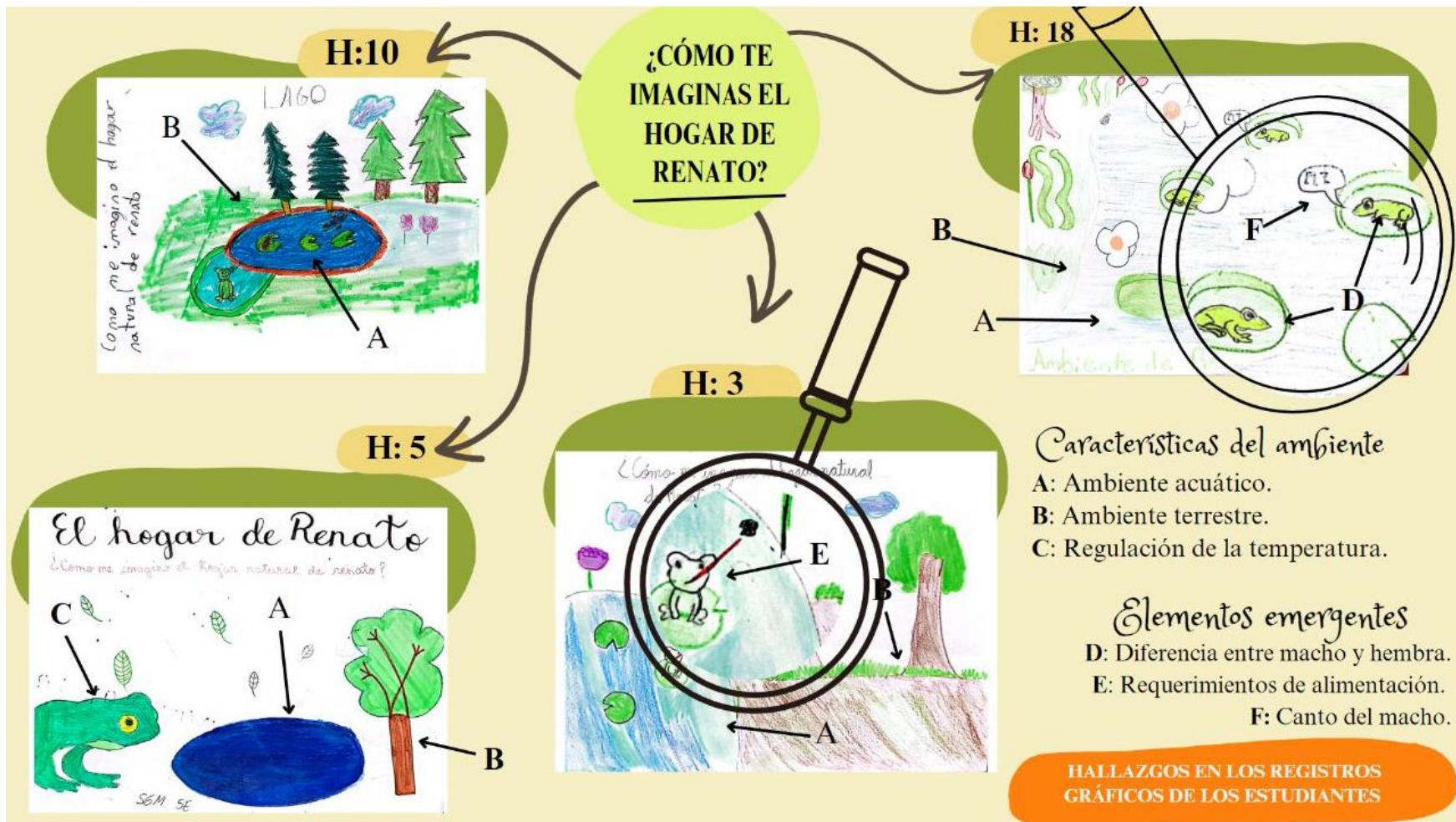


Figura 36: Registros Gráficos de los estudiantes de Tercero de Primaria Representación del ambiente de la Rana Sabanera.

No obstante, las intervenciones y dibujos, realizados por los estudiantes, permitieron el debate y la articulación de elementos para la comprensión del objeto de estudio, así las cosas, los hallazgos cobran relevancia en la construcción de explicaciones relacionadas con el desarrollo embrionario, evidenciando que:

A. La mayoría de los registros incorporan el agua como compuesto necesario para la supervivencia de la rana, de hecho, esta producción discursiva brindó la posibilidad de vincular la estrategia reproductiva de *Dendropsophus molitor*, de manera que los estudiantes lograran establecer algunas relaciones que la rana presenta por su modo de reproducción tipo I en el cual, para la oviposición se requiere de cuerpos de agua, que permitan que, las agrupaciones gelatinosas que envuelven los huevos en diversas capas, floten sobre la superficie del agua. (Duellman y Trueb, 1994 en Sarria, 2010).

Adicionalmente, los estudiantes establecieron cierta correspondiente entre la humedad con la cantidad de vapor de agua del ambiente y que la rana, al presentar respiración cutánea, requiere mantener su piel humedecida, por otra parte, este elemento de análisis posibilitó que los estudiantes encontraran ciertas asociaciones en el proceso reproductivo de la rana, señalando que este ocurre épocas de lluvia y en aguas estancadas de poca profundidad, de esta manera, lo descrito con anterioridad, permitió la emergencia aspectos discursivos para resaltar la influencia de este recurso en la historia de vida y en el desarrollo de los embriones de la rana sabanera.

B. Las representaciones de los estudiantes incluyen los ambientes terrestres en el ecosistema de la rana sabanera, con lo cual se aproximan a identificar la necesidad de este con relación a la protección frente a depredadores, y que, la vegetación de estos ambientes, les posibilita hacerlo, por su parte, otras intervenciones incluyeron la necesidad de este

ambiente dadas las condiciones en las que se efectúa el proceso respiratorio en la rana adulta, reconociendo que este es pulmonar y que de la presencia del oxígeno disuelto en el aire, con relación a esta característica, se debatió la idea de que los ambientes terrestres, proveen a la rana en estado adulto, un espacio donde regular su temperatura corporal.

Este aspecto, generó en los estudiantes cuestionamientos acerca de la ectotermia, posibilitando incorporar la necesidad de un ambiente iluminado que le permita a la rana sabanera aumentar o disminuir su temperatura interna, presentando comportamientos que optimizan los recursos del ambiente.

En este orden de ideas, la temperatura adquiere relevancia en el mantenimiento de *Dendropsophus molitor*, dado que le permite regular su temperatura en la etapa adulta, que en palabras de Álvarez & Nicieza, (2002) en Sarria, (2010) “carecen de mecanismos eficientes para la termorregulación fisiológica, lo que determina una estrecha dependencia del crecimiento y desarrollo con la temperatura”.

- C. En adición, la temperatura como elemento constitutivo del ambiente permitió, que en los momentos de discusión con la intervención docente, se relacionara directamente con el desarrollo embrionario, esto en función de su efecto “en la variación y tamaño del embrión y el tiempo en el que transcurre la metamorfosis. Bajas temperaturas retardan la diferenciación, es así, como aquellas larvas que crecen en estas condiciones presentan periodos de desarrollo más prolongados” (Duellman & Trueb, 1994; Álvarez & Nicieza 2002, en Sarria, 2010, p.15).

Desde esta perspectiva, los estudiantes reconocieron que, en el hogar de la rana sabanera, se debe contar con un ambiente terrestre que le posibilite mantener su temperatura

interna, ya sea por radiación solar, o por evaporación (humedad 73 a 83%), asociando este fenómeno con el requerimiento del medio acuático en el ambiente a recrear.

Por otra parte, se identificaron aspectos importantes en las elaboraciones gráficas y en las intervenciones de los estudiantes, que emergen de esta actividad y que, aunque se alejan de la intención de la misma, promueven la construcción de elementos discursivos asociados al desarrollo embrionario de la rana sabanera como se señalan a continuación:

- D. El dimorfismo sexual es un elemento teórico que emerge en los registros gráficos y en las intervenciones orales por parte de algunos estudiantes, que si bien, no es enunciado de esta manera, se hace evidente que tienen la capacidad de diferenciar al macho de la hembra en el marco de las características morfológicas, específicamente del tamaño, posibilitando el desarrollo y asociación de contenidos propios de la reproducción sexual, esto en la medida de relacionar el desarrollo embrionario de *Dendropsophus molitor*, como un proceso que requiere de la intervención de macho y hembra, es decir que, como elemento discursivo, permitió abordar la participación de células especializadas (gametos) en el proceso de formación de nuevos individuos.
- E. Por otra parte, el desarrollo de la actividad puso en evidencia la importancia del proceso de nutrición de la rana, desde el cual surgieron interrogantes asociados a los requerimientos alimenticios en cada etapa del desarrollo del organismo, de esta manera se logró vincular este aspecto con el gasto energético que demanda el proceso reproductivo en la etapa adulta, dado que es este proceso, la nutrición, que hace posible que se incorporen, dentro la naturaleza de la heterotrofia, los bioelementos necesarios (carbohidratos, lípidos y proteínas) que permiten, la producción de gametos, la división

mitótica en el desarrollo embrionario, la reparación o cambio en los tejidos y en general, el conjunto de reacciones químicas que posibilitan la obtención de energía.

F. El canto de la rana sobresale en uno de los registros gráficos y algunas intervenciones, como un elemento de interés para los estudiantes, sobre el cual surgen interrogantes relacionados con él para qué de la conducta, las ventajas y lo que garantiza, cuestionamientos que dieron lugar a relacionar este comportamiento con el cortejo, el proceso reproductivo, la fecundación y el posterior desarrollo del embrión en *Dendropsophus molitor*.

IC – EI: “¿Quiénes son los que cantan, el rano o la rana?”

IC – EI: “¿Los renacuajos también producen sonidos?”

IC – EI: “¿Cómo saben que el canto es de uno de su misma especie?”

IC – EI: “¿en qué momento del día cantan?”

Desde esta perspectiva, la conducta analizada, posibilitó a los estudiantes reconocer elementos de orden teórico que relacionan esta conducta con el *apareamiento, en términos de la atracción de la pareja, con el cortejo, asociado a la comunicación y orientación de las hembras y con la estimulación para la liberación de huevos durante el amplexo* (Steinmann & Grenat, (2020).

En este sentido, como elemento etológico, el canto se asoció con contenidos del proceso reproductivo, de manera que los estudiantes pudieron relacionar que este comportamiento adquiere un papel relevante para este, en otras palabras, se puede inferir que, sin el canto, no hay atracción, sin esta atracción no hay cortejo, sin el cortejo no habrá amplexo y sin este no hay liberación de huevos y por tanto no habría desarrollo embrionario.

Esta actividad permitió identificar elementos importantes para la adecuación del hábitat de la rana en el colegio, los estudiantes vincularon las características del ambiente con etapas de su

historia de vida, procesos fisiológicos, conductas y las posibilidades que brindan en conjunto al desarrollo embrionario de la rana sabanera.

Complementariamente, la segunda actividad de este trayecto focalizó su interés en la construcción del ranario como posibilidad para la objetivación del mundo natural, desde esta perspectiva, el propósito estuvo asociado, inicialmente a la identificación de los materiales requeridos que permitieran recrear las condiciones ambientales analizadas con anterioridad, y que, posteriormente, posibilitaran la supervivencia del organismo en condiciones de cautiverio, de manera que, los estudiantes, tuvieron la capacidad de enunciar los elementos necesarios para este propósito y se interrogaran sobre las condiciones de estos.

Desde esta perspectiva, la construcción del ranario condujo a los estudiantes a trascender de la experiencia básica, a partir de cuestionamientos acerca del cómo deberían integrar los componentes del ecosistema en un ambiente artificial, así las cosas y desde lo analizado en la actividad anterior, se lograron identificar aspectos que relacionaron las características del organismo, que, perteneciente al grupo de los anfibios, requiere dos tipos de ambiente, uno terrestre y uno acuático de poca profundidad, retomando, nociones de forma y cambio asociados al proceso metamórfico y al desarrollo embrionario que sucede en la superficie del agua.

Esta construcción de relaciones brindó elementos de orden técnico, con los cuales se inició la artificialización del mundo natural de la rana sabanera, así las cosas, los estudiantes caracterizaron los requerimientos de la siguiente manera:

- a. *IC – EI: Necesidad de un contenedor que permitiera el cautiverio de los individuos, en el cual ingresara la luz solar, preferiblemente transparente y que fuera fácil incorporar alimento.*



Figura 38: *Contenedor (acuuario) para la construcción del ranario.*



Figura 37: *Adaptación del espacio de cautiverio para los individuos.*



Figura 39: *Separación de los ambientes acuático y terrestre en el espacio de*

- b. *IC – EI: Separación de los ambientes acuáticos y terrestres.*
- c. *IC – EI: Agua reposada, que se parezca a la de sus ecosistemas naturales.*
- d. *IC – EI: Vegetación que le permita pararse y asolearse*
- e. *IC – EI: Espacios que permitieran al organismo esconderse.*
- IC – EI: Barrera para evitar que se escape.*

De esta manera y atendiendo a las observaciones que se generaron durante las intervenciones, se realizó la construcción y el montaje físico del ranario por parte de todos los actores involucrados en la propuesta de aula, incorporando elementos identificados por los estudiantes con algunos materiales proporcionados por el colegio como, espacio físico, tierra, agua, energía y otros obtenidos gracias a contribuciones de docentes que apoyaron el trabajo como la profesora

Angélica Arenas Rodríguez⁹ quien proporcionó el acuario y brindó valiosos aportes al desarrollo de la propuesta y el docente Steiner Valencia Vargas quien aportó el acuario para mantener a los renacuajos colectados.

Lo anterior permitió poner en escena los hallazgos que los estudiantes pusieron en consideración para la construcción del hogar de Renato y plasmar sus representaciones, involucrándose como agentes directos del proceso que a su vez construyeron elementos discursivos para dar cuenta de las necesidades ambientales del organismo que surgieron del diálogo permanente que se presentó entre los participantes.

Para finalizar esta actividad las docentes realizaron la colecta de los organismos en etapa de renacuajo y adulto para un total de 20 individuos, el incorporarlos al Ranario fue uno de los momentos en los cuales los estudiantes manifestaron un mayor interés al interactuar de manera directa con los individuos, esto se reflejó en la cantidad de preguntas que se generaron, entre las cuales se destacan:

IC – EI: ¿Hace cuánto salieron del huevo?

IC – EI: ¿Las grandes son los padres de los renacuajos?

La tercera y última actividad del trayecto 2 respondió a algunos elementos emergentes de las representaciones gráficas de los estudiantes como se muestra en la figura 36, en las cuales identifican la importancia de la alimentación en los individuos para la obtención de energía y a su vez articuló referentes disciplinares y teóricos que evidencian el requerimiento energético para la tenencia de individuos en cautiverio.

⁹ Doctora en Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Javeriana, Docente Catedrática de la Pontificia Universidad Javeriana a quien se agradece por la disposición y apoyo con material y orientación para el manejo de especies en cautiverio y recomendaciones dadas para el trabajo.

Según lo anteriormente mencionado se desarrolla la actividad “**Es hora de comer**” que tuvo como intención aportar a la complejización de relaciones partiendo de la experiencia que los estudiantes desarrollaron con la construcción del ranario y la observación directa de los individuos, procurando retomar las preguntas que se generaron y relacionando elementos vinculantes que los estudiantes habían plasmado con anterioridad.

De esta manera se propusieron tres tipos de alimentos diferentes para que los estudiantes concluyeran cuál de ellos se debía suministrar en cada etapa de la historia de vida de *Dendropsohus molitor* y a su vez se preguntarán sobre la alimentación que el individuo en formación (embrión) requería al interior del huevo. Es así como la mayoría de los estudiantes identificaron el alimento apropiado para cada estado de la rana sabanera asignado el menú apropiado como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 7: Resultado de la actividad 3 del trayecto 2, Asignación de menú para cada etapa de la historia de vida de la Rana Sabanera.

Etapa de la vida de la Rana sabanera	Registros y asignación de los menús que los estudiantes asignaron.
<i>Huevo</i>	<i>Minicroac: Plato acompañado de vitelo con salsa de lecitina.</i>
<i>Renacuajo</i>	<i>Maxi Croac: Plato acompañado de protistos con salsa de la casa – Bebida: agua de río. Ensaladalga: Plato de las mejores algas – Bebida: Agua de estanque.</i>
<i>Adulto</i>	<i>Artropobandeja: Plato acompañado de las mejores arañas y zancudos. Bebida: agua de humedal</i>

La actividad permitió evidenciar las relaciones que los estudiantes establecen entre las características morfológicas, el ambiente y la disponibilidad de alimento para cada una de las etapas de la vida del individuo de la rana sabanera, identificando las estructuras asociadas con la obtención del alimento y la posibilidad de encontrarlo en el ambiente en el cual se desarrollan. A partir de lo anterior se llevó a cabo una puesta en común en la cual los estudiantes determinaron el tipo de alimento más adecuado para los individuos presentes en el ranario y se establecieron equipos de trabajo para el mantenimiento energético mediante la incorporación de alimento en horarios específicos, es así como, surgieron cuestionamientos tales como:

IC, EI: ¿Cuántos insectos se comen las ranas en un día?

IC, EI: ¿Qué otro tipo de animales se pueden comer las Ranas?

IC, EI: ¿Pueden ser insectos más grandes que ellas?

Las inquietudes que presentaron los estudiantes surgen de la interacción con la artificialización y da cuenta de la complejización de relaciones que posibilitan este tipo de escenarios, por tanto, la actividad final del trayecto 2 consistió en una visita a la huerta del colegio (ver figura 40) en la cual los estudiantes realizaron una colecta de macroinvertebrados como alimento para las ranas adultas identificando las características que se debían presentar para garantizar la supervivencia de los individuos, tales como un menor tamaño comparado con las ranas y una proporción de 1:1 (un macroinvertebrado por cada rana adulta) para cada día.

De esta manera los estudiantes asumieron responsabilidades, generaron criterios de actuación y organizaron su intervención asignando roles y horarios para el mantenimiento del ranario en términos de la alimentación y el cambio del agua.



Figura 40: *Estudiantes del club Herpetocuriosos colectando macroinvertebrados para alimentar a las ranas del ranario.*

Las dinámicas que se establecieron para el trayecto 2, permitieron el proceso de artificialización y posibilitaron la complejización de relaciones atendiendo a elementos de orden teórico, técnico y procedimental de daban cuenta de la interiorización de muchos procesos abordados en el trayecto 1 y el compromiso de los estudiantes con el trabajo propuesto.

Etiqueta 3: La observación y la representación en la comprensión de los cambios en el desarrollo en anuros

Los apartados que aquí se reúnen, responden a la complejización de relaciones como último elemento constitutivo de los problemas de conocimiento, permitiendo la relación de los referentes disciplinares que se han abordado a lo largo del presente trabajo y pretenden dar cuenta de las relaciones que los estudiantes establecieron sobre el objeto de estudio, reconociendo que el proceso de artificialización no agota la explicación del fenómeno y en ocasiones presenta limitaciones para la construcción de explicaciones, de esta manera es posible concebir esta instancia, según Valencia et al, (2003) como:

La construcción del fenómeno es posible concebirla en su dimensión compleja lo cual demanda un cambio en las formas de mirar, de pensar y de hacer del sujeto que conoce. Se requiere un pensamiento capaz de dialogar, de negociar con lo real. Mientras el pensamiento simplificador desintegra, el nuevo pensamiento integra y conjuga los modos simplificadores de pensar; rechaza las consecuencias mutilantes, reduccionistas y unidimensionalizantes; aspira a un conocimiento multidimensional, que articule los dominios disciplinarios quebrados por el pensamiento disgregador; y se configure desde la tensión permanente entre la aspiración a un saber no acabado, no parcelado, no reduccionista y el reconocimiento de lo inacabado e incompleto de todo conocimiento (p.5).

Con el ánimo de evidenciar lo anteriormente mencionado, el trayecto 3 “**De la rana al huevo**”, propone una serie de ejercicios con los cuales se esperan reconocer las características del huevo de la rana, diferenciándolo de otros grupos de animales ovíparos, para resaltar la importancia de vincular este grupo de seres vivos con el estudio del desarrollo embrionario, así mismo se generaron explicaciones frente a los procesos que tienen lugar al interior del huevo mediante el diálogo permanente, que aportó a la construcción del discurso en el que se procuró desligar la noción del desarrollo embrionario como una serie consecutiva de pasos y se establecieron relaciones sobre las implicaciones que presenta cada estadio en la generación de un nuevo individuo.

Para lograr esto, la intención de la primera actividad del tercer trayecto fue reconocer las diferencias entre los huevos de tres animales, con el ánimo de resaltar las características del de la rana y la importancia que ha presentado, para el estudio del desarrollo embrionario, por las características que se han venido mencionado como, una membrana transparente y gelatinosa a través de la cual es posible observar los cambios que se presentan de un estadio a otro, por tanto, la actividad denominada “**huevo, huella, embrión**” permitió, inicialmente desarrollar procesos

de comparación que brindarán elementos argumentativos y a su vez justificaran la elección del huevo de la rana como objeto de estudio del presente trabajo.

Adicionalmente, esta actividad posibilitó retomar nociones acerca de anatomía comparada a través de la contrastación entre los tres embriones referidos en la cartilla, señalando semejanzas y diferencias entre estos a partir de un ejercicio de asociación para el cual se presentaron las imágenes de tres huellas, embriones y huevos que ubicaron en el esquema sobre el cual señalaban el animal al que correspondía cada uno. (Ver figura 41)

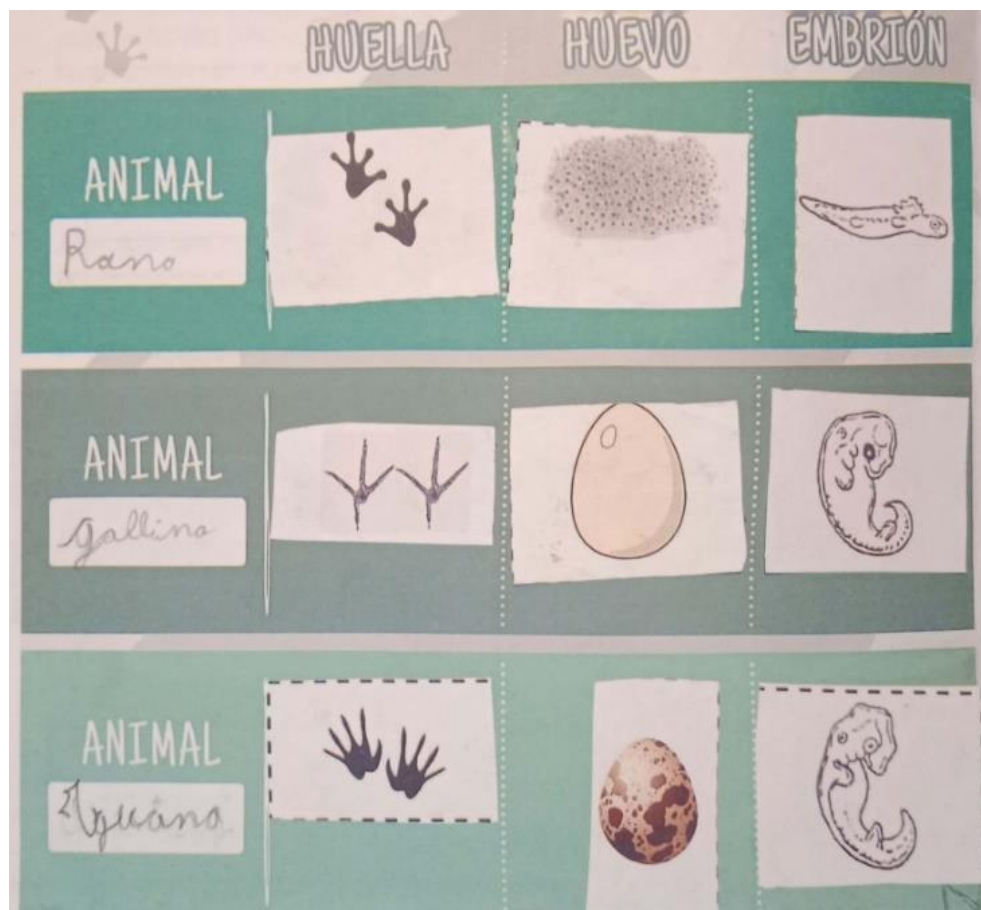


Figura 41: Registro de la actividad 1 del trayecto 3 “Huevo, huella embrión”

Con respecto al desarrollo de la actividad se obtuvieron los hallazgos que se describen en la tabla 7.

Tabla 8: *Hallazgos de la actividad “Huella, Huevo Embrión”*

Animal	Huella	Huevo	Embrión
Rana		Asociar el huevo de la rana a este criterio presentó un mayor grado de dificultad para los estudiantes.	
Ave	Los estudiantes relacionaron con menor complejidad la huella característica de cada grupo de animales, vinculando características morfológicas de cada grupo.	Al ser una estructura asociada a la cotidianidad de los estudiantes la relación de este con el organismo que lo presenta presentó menor complejidad	Este elemento fue el que presentó mayor dificultad para relacionarlo con el organismo correspondiente.
Reptil		La complejidad para relacionar este tipo de huevo presentó una mayor complejidad.	

Los hallazgos presentados en la tabla reflejaron un mayor nivel de complejidad para los estudiantes al intentar reconocer huevos que no hacen parte de su cotidianidad o con los cuales no tienen un vínculo cercano, como fue el de la rana y el reptil, es así como relacionaron fácilmente el huevo del ave con la huella de esta. Sin embargo, al observar el embrión presentaron dificultades en relacionar de manera correcta el del ave y el del reptil, reconociendo así, que la profundización teórica y su vínculo con los trayectos propuestos, permitió que asociaran la forma del embrión de la rana con la etapa de renacuajo, por un proceso de contrastación morfológica.

La asociación entre huella, huevo, embrión permitió poner en evidencia que el desarrollo embrionario puede llegar a ser un objeto de estudio observable, descriptible y motivante, es decir, el hecho que los estudiantes reconozcan en el huevo de la rana la posibilidad de visibilizar

la formación de un nuevo individuo aporta a la complejización de relaciones y a la comprensión de los factores asociados a éste.

Una vez despertado el interés por la observación del huevo la actividad 2 del trayecto 3 “modelando huevos de rana” tuvo como propósitos, la incorporación de instrumentos para la observación (estereoscopios y microscopios) y la identificación de los cambios que se generaban de un estadio a otro a través de explicaciones teóricas y revisión de material de estudio, mediante los cuales reconocieran los aspectos relevantes de 8 estadios, retomando nociones de cambio y forma y su relación con la historia de vida de la rana sabanera.

Para esto, se realizó la observación de huevos de *Dendropsophus molitor* en estadio uno, por medio del estereoscopio y el microscopio para abordar con más detalle las características de este. (ver figura 42)



Figura 42: Estudiantes del grupo Herpetocurisos en observación de huevos de *Dendropsophus molitor* a través microscopios y estereoscopios.

Eva Paiz BITACORA DE OBSERVACION 3^o G

NOMBRE: Roche Pulido Alva CURSO: 3^o D


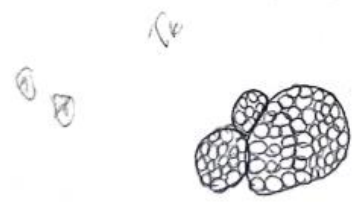
FECHA	26-09-22
ACTIVIDAD	
DESCRIPCION DE LA OBSERVACION	Los huevos se ven juntos, adentro se les ve un punto negro que da origen al bebé.
	
REPRESENTACION GRAFICA:	
	

Figura 43: Registros de los estudiantes de las observaciones realizadas a través del estereoscopio

La observación realizada permitió que los estudiantes reconocieran la importancia del desarrollo de instrumentos y técnicas para dar cuenta de estructuras y cambios que se observan con mayor detalle a través de estos y, a su vez, relacionaran las posibilidades que han brindado a través de la historia de la ciencia como herramienta necesaria para el proceso de observación y el reconocimiento de estructuras que no eran perceptibles para el ojo humano, de esta manera las docentes consolidaron referentes teóricos importantes para el desarrollo de las ciencias biológicas y reflexionaron junto con los estudiantes como estos artefactos contribuyeron a la calidad de vida de las sociedades humanas, como lo menciona González, (1998)

Para establecer las bases de un desarrollo científico ordenado y sistemático que permita crear conocimiento. La biología, cuyo auge en este último medio siglo ha sido destacado, es un buen modelo de cómo una disciplina científica puede permear diferentes fases del quehacer social (p. 91).

Es así como el uso de técnicas e instrumentos adquieren relevancia en la complejización de relaciones, dado que permiten conocer a detalle estructuras que resultan ser de interés para los estudiantes y sobre las cuales es posible consolidar el desarrollo embrionario como objeto de conocimiento. Por otra parte, la actividad de observación les permitió, familiarizarse con la estructura del huevo de la rana y dar cuenta de formas iniciales sobre las cuales se generaron cuestionamientos importantes, tales como:

IC EI: ¿De dónde sale la cabeza?

IC EI: ¿El punto de adentro es el bebé en miniatura?

Los anteriores interrogantes dieron apertura a la segunda sección de la actividad 2 que tenía como propósito ejemplificar las formas y cambios que se presentaban en 8 estadios representativos del desarrollo embrionario de *Dendropsophus molitor* seleccionados por las docentes bajo criterios de forma y desarrollo en los cuales se evidencian cambios significativos como la distribución del vitelo, formación de las tres capas germinativas, pliegue neural, corazón, apertura de la cavidad oral, definición del ojo, reconocimiento de branquias y aletas, entre otras, relacionando cada proceso con las formas que se constituyen.

Para dar cuenta de lo anteriormente descrito, los estudiantes se organizaron por parejas y modelaron el estadio asignado, de tal manera que al finalizar la actividad establecieran un diálogo con sus compañeros sobre sus observaciones y relacionaran los eventos que tenían lugar en cada uno, junto con la necesidad de su ocurrencia, para posibilitar el siguiente estadio y culminar este proceso en la eclosión del renacuajo.

Los modelos elaborados por los estudiantes permitieron dar cuenta de los alcances de la observación realizada, de la cual se desprendieron intereses, motivaciones y cuestionamientos que los llevaron a complementar su trabajo con revisiones teóricas o participaciones orales con las que se aproximaron a explicaciones de los procesos que acontecen en el interior del huevo.

(ver figura 44)

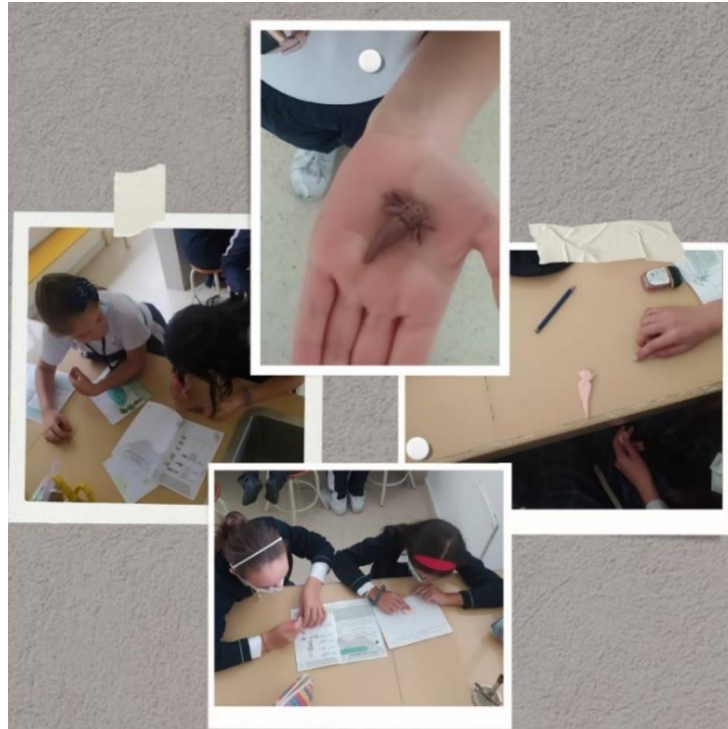


Figura 44: *Estudiantes modelando los estadios del desarrollo de la rana sabanera*

No obstante, y con la pretensión que se ha resaltado a lo largo del documento que implica abordar el desarrollo embrionario de manera compleja en la cual no sea visto como la consecución de pasos de una estadio a otro, se propone un ejercicio reflexivo en el cual los estudiantes identifiquen la importancia de las formas, plegamientos y el movimiento que también juega un papel fundamental pese a que disciplinariamente no se profundizó en este, vinculan las maneras en cómo las células se agrupan y generan formas que visualmente son perceptibles y

que cobran significado cuando se relacionan con una función, por ejemplo el corazón con procesos de circulación o el pliegue neural para percepción de estímulos.

Como cierre de la actividad de modelación y del proceso reflexivo sobre esta, se reunieron los modelos elaborados para establecer comparaciones entre ellos (ver figura 45), reconocer la organización que presentan y la complejización en los procesos que se dan del uno al otro, donde cada suceso genera implicaciones sobre la historia de vida del individuo, generando reflexiones como las siguientes:

- El desarrollo embrionario es más que una consecución de fases, lo cual denota su relevancia como objeto de estudio y sobre el cual es importante generar procesos reflexivos que den cuenta de los sucesos que acontecen y la importancia de su ocurrencia para la comprensión de la historia de vida de un individuo.
- Los procesos de observación deben estar acompañados de una intención que, si bien no permitió la identificación exacta de las estructuras presentes, posibilitó la generación de inquietudes que, ligadas a explicaciones y revisiones teóricas, generó experiencias diferentes para cada estudiante, como menciona Edwards, D. en Candela, (1999):

El problema es, desde luego, que el mundo no viene dividido en categorías ni previamente etiquetado; el estatus de las observaciones puede ser precisamente de lo que tratan las disputas... los alumnos no ven lo que tienen que ver; y son reacios para convencerse, o al menos no aceptan fácilmente una explicación si no entienden exactamente el porqué de lo que se les dice (p.15).



Figura 45: Organización de los modelos de los estadios elaborados por los estudiantes según el orden de ocurrencia.

Desde estas implicaciones, el desarrollo embrionario como objeto de estudio requiere de procesos de observación acompañados, a través de los cuales los participantes puedan reconocer cambios, formas, desarrollo y procesos vinculantes entre un estadio y otro.

Para finalizar el trayecto 3 y concluir la intervención en el aula “el mundo oculto de la rana sabanera” se propició un espacio de socialización¹⁰ en el cual los participantes presentaron la descripción de cada estadio, atendiendo a las formas y los procesos que tienen lugar en cada uno, complementando su trabajo con el de sus compañeros y dando a conocer a la comunidad educativa el trabajo realizado.

Del trayecto 3 emergieron diversos aspectos, resultado de las interlocuciones entre los actores del proceso educativo, de los cuales se reconocen los siguientes alcances:

Los estudiantes se aproximaron a la definición del concepto de desarrollo embrionario para el que se denota una aproximación para su explicación atendiendo a los eventos que ocurren desde la fecundación del óvulo hasta la eclosión del renacuajo visibilizando competencias propias de las ciencias en los procesos de enseñanza.

¹⁰ Para acceder a la presentación de los estudiantes <https://bibliotecageneralc.wixsite.com/librarycaa/services-5>

Por otra parte, vincularon la noción de forma y cambio en las descripciones de los estadios del desarrollo embrionario de la rana sabanera, describiendo plegamientos, estructuras que continuaban o desaparecían entre uno y otro y relacionaron la complementariedad de la historia de vida de la rana sabanera desde los eventos ocurridos en el desarrollo embrionario hasta la etapa adulta.

El análisis generado en el apartado de la sistematización permitió evidenciar cómo el docente desde su ejercicio y mediante las planeaciones, intervenciones, rutas metodologías y discursos, da cuenta de las relaciones que se presentan entre los elementos que intervienen en la enseñanza, que le brindan la posibilidad de evaluar su quehacer, es decir, le permite comprender las dinámicas o problemas que en esta pueden ocurrir, aportan en la recuperación y registro de las dinámicas que se suscitan en las clases de Ciencias Naturales y por tanto representan valiosas contribuciones para la práctica docente, enriqueciendo su ejercicio profesional.

Producción discursiva

La producción discursiva acá presentada recoge las reflexiones finales del trabajo “El desarrollo embrionario en *Dendropsophus molitor* como problema de conocimiento” que surgieron dentro de los encuentros académicos que brinda la MDCN, en los cuales los diversos diálogos, revisiones y profundizaciones permitieron cuestionar las prácticas educativas a las que se enfrentan los docentes y generar alternativas que brinden otras perspectivas en el desarrollo de los contenidos dispuestos para la enseñanza de las ciencias.

Desde estos espacios, el aula recobró significado para constituirse como un escenario dentro del cual se establecen diálogos, se construyen relaciones y se consolidan procesos a partir de reflexiones sobre los saberes y contenidos que se desarrollan y para los cuales el estudiante participa como un sujeto de conocimiento que ha presentado experiencias importantes y que elabora explicaciones a partir de las interacciones que genera con los otros actores del aula.

Desde lo anterior el maestro resignifica su práctica, establece relaciones entre el conocimiento a impartir y su enseñanza, dinamiza los espacios de interacción y crea material con el cual pueda despertar interés y motivar a los otros actores del aula para atender a la ciencia como una actividad de la cultura.

En efecto, los problemas de conocimiento como estrategia alternativa para la enseñanza de las ciencias y sus elementos constitutivos (experiencia básica, artificialización y complejización de relaciones) le confiere a cualquier temática, saber o contenido la posibilidad de ser visto o atendido como un objeto de estudio dentro de la dinámica del aula y a partir del cual se desprenden múltiples oportunidades para la construcción de explicaciones sobre diversos fenómenos.

A partir de lo anterior, se consolidó un objeto de estudio que atiende a experiencias propias de las docentes, reflexiones que se generan de los seminarios de la MDCN y realidades educativas en la enseñanza de los contenidos relacionados con el desarrollo embrionario, que muchas veces se perciben inconexas con los contextos y permeadas por creencias y posturas que intervienen en las políticas y lineamientos que dirigen la enseñanza de las ciencias.

De esta manera, se constituyó el desarrollo embrionario como objeto de estudio enmarcado dentro de la estrategia de problemas de conocimiento, para responder así, a la pregunta planteada ¿Cuáles son los aspectos de orden experimental y observacional que aportan al estudio del desarrollo embrionario de *Dendropsophus molitor* y cómo contribuyen a la comprensión de su historia de vida?, para ello, se realizó una profundización frente a lo disciplinar mediante un recorrido histórico que evidenció la constitución de la embriología como ciencia y una pedagógica, que permitió evidenciar los diversos elementos que vinculan este saber específico en los entornos escolares. Adicionalmente, la profundización teórica y pedagógica, la intervención en el aula y la sistematización aportaron elementos para el desarrollo de los objetivos propuestos. Es así que el capítulo de producción discursiva, permitió evidenciar las reflexiones generadas a partir de la profundización teórica; disciplinar y pedagógica, que se realizó frente al desarrollo embrionario de *Dendropsophus molitor*, destacando aspectos que permitieron reevaluar la enseñanza de las ciencias, el primero *El ranario como estrategia en la enseñanza del desarrollo embrionario en anuros*, en el cual vincularon los ambientes naturales al aula, brindando posibilidades de cuestionarse desde la observación y diseñar modelos que dieran cuenta de la complejización de relaciones por parte los estudiantes y contribuyeran a mejorar la práctica docente.

El segundo *El desarrollo embrionario una aproximación a lo experimental y observacional*, para el que se realizó un cruce entre lo disciplinar y la experiencia básica con el ranario, que significó trascender de una mirada reduccionista, en la cual el desarrollo embrionario es una secuencia de pasos, a una visión compleja, en donde existen procesos previos durante la formación de un nuevo individuo que vincula las condiciones ambientales, las células reproductivas, la fecundación y lo que acontece dentro del huevo como, movimientos, plegamientos, segregaciones que transforman las estructuras que lo van constituyendo.

Finalmente, *La enseñanza de las ciencias: una práctica en permanente construcción* en el que se reconocen alternativas para el abordaje de contenidos científicos que dinamicen la enseñanza de las ciencias, transformen escenarios educativos y motiven a los estudiantes a consultar sobre sus intereses, preguntarse sobre fenómenos de su entorno e ir más allá de los contenidos que se abordan en la escuela. De igual manera mostrar a las maestras como posibilitadoras de experiencias, que reflexionan de forma permanente sobre su quehacer, para atender a las particularidades de los contextos en los que se desenvuelven, dando respuesta a las implicaciones que presentan formar en ciencias naturales.

A continuación, se desarrollan en mayor detalle los dos aspectos reflexivos nombrados anteriormente.

El ranario como estrategia en la enseñanza del desarrollo embrionario en anuros

Estas reflexiones finales en torno al ranario como el proceso de artificialización para la enseñanza del desarrollo embrionario, estuvieron orientadas desde los problemas de conocimiento atendiendo a todos sus elementos constitutivos, a partir de los cuales se reconocieron las relaciones que los estudiantes construyeron frente a las necesidades de los

individuos de la especie seleccionada, los comportamientos en el proceso de reproducción y las transformaciones frente a su forma que tienen lugar al interior de huevo.

De esta manera, trascender de la experiencia básica a la complejización de relaciones, fue posible gracias a los momentos generados a partir de la intervención en el aula “El mundo oculto de la rana sabanera” en donde los estudiantes reconocieron aspectos importantes para que el desarrollo embrionario se presente, principalmente las preguntas se relacionaron con aspectos pre-cigóticos y posteriormente cuestionamientos que indagaban por la forma, el cambio y organización de lo acontecido durante la formación de un individuo.

De igual manera, dentro del desarrollo de este trabajo se llega a considerar que tener una experiencia significativa con el fenómeno en estudio, posibilita la deconstrucción de certezas, lo que genera nuevas incertidumbres que movilizan el pensamiento, mantienen una mente abierta al cambio, y permite atribuirle un orden a la información y a las experiencias. Por ende, se busca poner al estudiante en un escenario experiencial con pretensiones e intenciones orientadas a un objeto de conocimiento, que posibilite una comprensión de diferentes fenómenos naturales.

La intervención en el aula y su posterior sistematización, consolidaron la estrategia de trabajar con anuros como una manera de dotar al estudiante de experiencias enriquecedoras que le permitieron focalizar toda su atención en el fenómeno, con la intención de conocer en donde confluye una diversidad de relaciones que posibilita que la construcción de explicaciones se realice de manera colectiva.

El desarrollo embrionario una aproximación a lo experimental y observacional

Las explicaciones construidas alrededor del desarrollo embrionario se vinculan al comparar la información resultante en la profundización disciplinar con lo vivenciado en el ranario, al interactuar con la especie en estudio, se construye el fenómeno, para concebir la complejidad que requiere comprender aspectos relacionados con la noción de forma, la importancia del gasto

energético en la formación de un nuevo individuo y el orden natural que se presenta en los diferentes procesos.

La forma se constituye en una noción importante en la comprensión del desarrollo embrionario, por ello a partir de un ejemplo se indica a que se refiere esta expresión, la forma presente en los diferentes estadios deja entre ver movimientos que constituyen nuevas formas de organización, tal es el caso del estadio uno, en donde la forma es circular con la diferenciación de los hemisferios y posteriormente en el estadio 14 se observa un aplanamiento y hacia el centro una curvatura, la cual se denomina pliegue neural, aunque esta forma se haya transformado no es posible comprenderlo, si previamente no hay una noción de cambio, pues esta permite explicar porque las formas no aparecen y desaparecen, hay procesos de reproducción celular determinados por un código genético, la estructura se modificó completamente, tanto así que ya no es un agrupamiento de células que intercambian sustancias con su medio sino estructuras más complejas que están a disposición de consolidar el sistema nervioso del anuro.

Lo anterior, es posible explicarlo al relacionarlo con el gasto energético que requiere cada estadio, que depende de la cantidad de yema que presente el huevo, el cual debe garantizar su desarrollo hasta renacuajo, esto se vincula con las experiencias de alimentar a los representantes de la rana sabanera en estado renacuajo y adulto, que marca un precedente, al identificar que los procesos de obtener energía son fundamentales para que la formación de un nuevo individuo sea exitosa, cobra relevancia al construir relaciones en torno al desarrollo y su alimentación.

Finalmente, la organización, presenta reduccionismo que no permiten ver las interacciones que presentan en los procesos que tiene lugar en el desarrollo embrionario, por ello, retomar la noción de organización desde lo propuesto por Jacob (1999) posibilita cuestionarse frente a la

información genética, la reproducción celular y los procesos físicos químicos que suceden al interior del huevo, que aportan elementos conceptuales para su comprensión.

Todo esto, se instaura y es significativo al haber diseñado, elaborado y mantenido el ranario que dotó de experiencias enriquecedoras que permitieron poner en evidencia las representaciones y observaciones que se tienen respecto al fenómeno, que de igual manera se iban deconstruyendo y configurando nuevas explicaciones cada vez más complejas.

En ese sentido, los aportes a nivel observacional en el desarrollo embrionario se relacionan con las maneras de conocer que están vinculadas con experiencias y representaciones que el sujeto a lo largo de la vida constituye, en el marco de explicar su realidad, siendo esta incierta, impredecible y cambiante, es así que lo observado también se consolida como un acto de comunicar a partir de códigos con significados, un lenguaje atribuido por un contexto social, ideológico y cultural.

Dicho esto, una de las formas de experimentación se basa en las observaciones directas que se presentan al interactuar con el organismo en vivo, posibilita un encuentro con un pequeño fragmento de lo natural, esto conlleva a resignificar el escenario de la enseñanza de la biología en un campo experiencial que reúne una diversidad de saberes y conocimientos.

La enseñanza de las ciencias: una práctica en permanente construcción

El diseño de la propuesta sobre la enseñanza del desarrollo embrionario en *Dendropsophus molitor*, nos permitió reflexionar sobre nuestra propia práctica, pensar en las formas de enseñanza de las ciencias desde diferentes escenarios y replantear nuestro rol para incluir los elementos discursivos que se han desarrollado a lo largo de este escrito, habilitando espacios de diálogo que involucraran a los estudiantes como sujetos de conocimiento, generando encuentros en los que se interconectan experiencias que permiten articular conceptos y relacionar contenidos para la construcción de explicaciones.

Además, significó responder a dinámicas institucionales establecidas y simultáneamente generar estrategias que permitieran atender a otros factores que emergieron al desarrollar la artificialización, tales como, el tiempo para realizar la colecta y liberación de los individuos, la solicitud de permisos para manejo de especies silvestres en cautiverio, el mantenimiento de los organismos en fines de semana o recesos escolares, que si bien, representan actividades adicionales, enriquecieron el ejercicio docente y permitieron retomar los entornos naturales y el trabajo de campo del que, en ocasiones, el docente se aleja.

Desde lo anterior, el trabajo puso en evidencia la necesidad que tiene el docente de profundizar teóricamente para su práctica, permitiendo así, pasar del reduccionismo que se genera al abordar los contenidos, que muchas veces quedan solo enunciados, a presentar el conocimiento como una actividad de la cultura que se encuentra en permanente construcción, de la cual es participe y mediador, que como menciona Valencia et al. (2003):

Deja de ser un distribuidor de saberes, para ser concebido como un posibilitador de dinámicas de transformación cultural y como un intelectual ideológicamente comprometido con nuevas maneras de entender los contextos en los que desarrolla su labor y en esta medida, aporta a la construcción de otros órdenes educativos (p. 6).

De esta manera, la profundización que hace no implica solo abastecerse de información y contenidos, invita a la construcción de conocimiento atendiendo al uso de este en su contexto, a preguntarse sobre sus propios intereses y arriesgarse a proponer nuevas maneras de promoverlo. En este sentido, artificializar el mundo natural como insumo didáctico fue un elemento motivante para la enseñanza, se configuró como un reto en nuestro rol como docentes sobre el cual se reflejaron nuestros intereses, motivaciones y crecimiento profesional que fueron evidentes en los esfuerzos realizados para hacerlo posible.

La elaboración del ranario implicó recrear su ambiente, cuidar del organismo y cuestionarse constantemente sobre su historia de vida, indagar sobre las relaciones que establece con su entorno y ahondar en su desarrollo embrionario, para dar razón de los procesos que tienen lugar en él y la manera como estos cobran relevancia en las diferentes etapas posteriores a la eclosión, de tal manera que se contará con los insumos necesarios para diseñar material educativo coherente y dinámico con el que los actores del proceso educativo dieran cuenta de esto. Es así, como este ejercicio implicó pensar el aula como un escenario de diálogo y reflexión que impactó en nuestra práctica pedagógica y contribuyó a cualificar nuestras formas de enseñanza, sugiriendo una alternativa para abordar diferentes contenidos, que si bien se describen dentro de los currículos, pueden representar objetos de estudio a través de los cuales los estudiantes y docentes se emocionen, se interesen y perciban en la escuela un espacio de construcción social del conocimiento, de interlocución cultural a través del cual se constituyen maneras de entender los fenómenos de su entorno.

El desarrollo embrionario para la enseñanza de las ciencias

Abordar el desarrollo embrionario dentro de los currículos establecidos para las ciencias naturales, brinda la posibilidad de vincular otros saberes asociados a este proceso, tales como reproducción sexual, división celular o evolución, entre muchos otros, y a su vez permite dar cuenta de la relación de los eventos que allí tienen lugar y que configuran aspectos importantes de la historia de vida de los individuos.

Por otra parte, aporta a aspectos de orden observacional que despiertan el interés de los participantes hacia el objeto de estudio y fortalece el uso de instrumentos y técnicas de observación indispensables para dar cuenta de los estadios que tienen lugar durante el desarrollo.

Adicionalmente el desarrollo de los contenidos asociados a la formación de nuevos individuos posibilita atender a la dimensión ética del manejo de especies bajo una tenencia responsable donde prime el respeto por lo vivo y sobre valor la conservación de la diversidad biológica característica de nuestro país.

Implicaciones y recomendaciones

Las ciencias naturales y su enseñanza han sido y será un aspecto que cobra relevancia dentro de las políticas educativas de cualquier estado o nación y es competencia de los docentes participar en su diseño, promoción, ejecución y seguimiento, sin embargo, en muchos casos los docentes hacen parte solamente de los dos últimos aspectos, lo cual conlleva a que el diseño y elaboración de los currículos se vean desarticulados con las dinámicas que se establecen durante su enseñanza.

Es así, que el maestro siendo el agente directo que se vincula con las realidades educativas y reconoce los diferentes elementos que conforman cada contexto escolar, es también el mediador de las experiencias que motivan a los estudiantes a interesarse por el conocimiento y buscar el desarrollo de sus intereses, para llegar a la construcción de explicaciones a través del diálogo permanente con todos los actores del proceso educativo.

Por lo anterior, el trabajo “El desarrollo embrionario de *Dendropsophus molitor* como problema de conocimiento” exigió un acompañamiento permanente por parte de las docentes que no solamente atendieron a los desarrollos obtenidos por los estudiantes frente a la explicación del objeto de estudio, también a las implicaciones que generó la construcción del ranario, la colecta de los individuos y el cuidado de estos durante el cautiverio invirtiendo tiempo y trabajo para cumplir con los objetivos propuestos.

Es así, como para futuros proyectos que retomem aspectos desarrollados en el presente trabajo, se sugiere que la universidad tramite el permiso marco que facilita los trámites legales para la colecta de individuos de especies silvestres dentro de zonas protegidas, promoviendo propuestas de investigación que retomem el trabajo con organismos vivos dado que es un elemento motivacional en el proceso de enseñanza- aprendizaje y posibilita la generación de la experiencia y básica y la transición de esta a la complejización de relaciones.

Por otra, parte se recomienda, que los elementos emergentes de esta propuesta se retomem en trabajos futuros, como es el caso del seguimiento a condiciones físico químicas a espacios artificializados, que complementen los intereses que los estudiantes mostraron hacia estos y a su vez genere una propuesta para el seguimiento del desarrollo pos-cigótico sobre el cual los estudiantes se mostraron motivados por la interacción directa con el organismo y las posibilidades que brinda para ampliar las nociones de forma, cambio y enriquecer la experiencia.

Igualmente, se considera relevante ampliar la experiencia relacionada con la creación de los clubes de ciencias constituyéndose como escenarios de grupos heterogéneos con los cuales es posible desarrollar procesos de artificialización a partir de experiencias básicas con las cuales se trascienda a la complejización de relaciones y a la construcción de explicaciones.

Referencias

- Albarracín, A. (1983). La teoría celular. Madrid: Alianza Editorial.
- Alexander von Humboldt, (2015), Los anfibios en Colombia, Recuperado de <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2015/cap1/105/#seccion1>
- Aranda, A. (1997.). La complejidad y la forma. México: Fondo de Cultura Económica.
- Ávila R. (2013). Creación de un laboratorio virtual para la enseñanza universitaria de la embriología humana en sus aspectos biológicos, éticos y sociales. (Tesis de Maestría). Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Baker, J. & Allen, G. (1970) Biología e investigación científica. Estados Unidos. Fondo Educativo Interamericano, S.A
- Balinsky, B. (1983). Introducción a la embriología. Omega.
- Ballen, A. (2012). El concepto de “células madre o troncales” como eje integrador para abordar el desarrollo embrionario humano en estudiantes de educación media vocacional desde el aprendizaje basado en problemas. (Tesis de Maestría). Universidad Pedagógica Nacional, Colombia.
- Barnechea, M. y Morgan, M. (Agosto, 1998). La producción de conocimientos en sistematización. Ponencia presentada al Seminario Latinoamericano de Sistematización de Prácticas de Animación Sociocultural y Participación Ciudadana en América Latina. Medellín, Colombia.
- Betancur, M. (2008). Evolución. Recuperado de https://www.academia.edu/35884503/Betancourt_Evoluci%C3%B3n_pdf
- Candela, A., & Rueda, M. & Delgado, G. & Jacobo, Zardel. (1994). "La enseñanza de las ciencias y el análisis del discurso".

- Carrillo, A. (2015). Desarrollo temprano desde la fertilización hasta la eclosión del renacuajo en la rana *Agalychnis spurrelli* (Anura: Hylidae). (Trabajo de grado de Licenciatura) Pontificia Universidad Católica de Ecuador, Ecuador.
- Cerda, H. (2002). Los elementos de la Investigación. Como reconocerlos, diseñarlos y construirlos. Bogotá, D. C.: El Búho LTDA.
- Cubides, E. Romero, Y. Guzman, H y Roa P.(2011) El club de ciencias basados en la interdisciplinariedad y el aprendizaje significativo como estrategia pedagógica para el desarrollo de competencias. *Biografía*, 4 (6), 125-154. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/304551169_El_club_de_ciencias_basado_en_la_interdisciplinariedad_y_el_aprendizaje_significativo_como_estrategia_pedagogica_para_el_desarrollo_de_competencias_cientificas/link/577e1d5808aeaa6988afca10/download
- Corporación Autónoma Regional CAR, (2000), Permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial, Recuperado de <https://www.car.gov.co/vercontenido/1184#>
- Giordan, A. y De Vecchi, G. (1998). Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos. España: Diada editorial.
- González, A. (1998). El tránsito desde la ciencia básica a la Tecnología: La Biología como modelo. *Revista Iberoamericana de Educación* N°18, p. 91-106. [fecha de Consulta 19 de abril 27 de 2023]. Recuperado de: <https://rieoei.org/historico/oeivirt/rie18a04.htm>
- Gould, S. (2010). *Ontogenia y filogenia: La ley fundamental biogenética*. Barcelona, España: Crítica.

Grilli, J. (2018). El material natural en la Biología escolar. Consideraciones éticas y didáctica sobre las actividades prácticas de laboratorio. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1-19.

Guarnizo, C. Armesto, O y Acevedo, (2014) *Dendropsophus labialis* (Peters 1863) Asociación colombiana de herpetología, 2(2), 56-61. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Rivera-Correa/publication/317169765_Catalogo_de_Anfibios_y_Reptiles_de_Colombia_Vol_2_2/links/59286632aca27295a80582d1/Catalogo-de-Anfibios-y-Reptiles-de-Colombia-Vol-2-2.pdf#page=61

Guzmán. A. (2021). Material didáctico sobre embriología dirigido a estudiantes de segundo semestre de la Licenciatura en Biología. (Tesis de pregrado). Universidad Pedagógica Nacional, Colombia. Hacking, I. (1996). *Representar e intervenir*. México: Paidós. Problemas científicos y filosóficos.

Hanson, R. (1997). *Observación y explicación: Guía de la filosofía de la ciencia*. Patrones de descubrimiento. Investigación de las bases conceptuales de la ciencia. España: Alianza editorial

Hanson, Norwood Russell. *Observación*. Tomado de: Olivé, León; y Pérez Ransanz Ana Rosa. (2005) *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*. México: Siglo XXI. "Observation" constituye el capítulo 1 del libro *Patterns of Discovery. An Inquiry into the Conceptual Foundations of Science*, de N. R. Hanson, publicado por Cambridge University Press, 1958. Versión castellana de Enrique García Camarero, publicada por Alianza Universidad, Alianza Editorial, Madrid, 1977, con el título *Patrones de descubrimiento*. Se reimprime con permiso de Alianza Editorial.

- Hernández Navarro, E. (2007). Estrategia metodológica para el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje de la embriología en función. (Tesis de Doctorado). Instituto Superior Pedagógico Félix Varela, Colombia.
- Jacob, F. (1999). La lógica de lo viviente. España: Metatemas 59.
- Medina Cobo, O. (2011). El concepto de ser vivo: una relación entre el pensamiento del estudiante y el desarrollo histórico de la ciencia. (Tesis de Maestría). Universidad del Valle, Colombia.
- Ministerio de Educación Nacional. (2002). Estándares básicos de competencia en Ciencias Sociales y Ciencias Naturales. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Ministerio de Educación Nacional. (2016). Derechos Básicos de Aprendizaje. Bogotá: Ministerio de Educación Nacional.
- Morales López, J. (2020). Fundamentos de Embriología Veterinaria. Copisterías Don Folio S.L. Córdoba, Argentina. Recuperado en:
<http://www.uco.es/organiza/departamentos/anatomia-y-anat-patologica/peques/libroEmbriologia2020conportadasreducido.pdf>
- Infante, John & Nieto, Irene & Araque, Alejandra & Barbosa, Angelica & Barrera Bailón, Biviana. (2021). Documento de trabajo del proyecto: "Análisis metagenómico comparativo de la alteración de la microbiota dérmica en renacuajos de la rana sabanera (*Dendropsophus molitor*) expuestos a roundup activo®". 10.13140/RG.2.2.36790.22089.
- López, C. (2021) Efecto toxicológico de una presentación comercial de glifosato (roundup activo®) en piel de rana sabanera (*Dendropsophus molitor*). (Tesis de pregrado) Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

- Oliveira, A. y Peticarrari, A. (2022). El aprendizaje basado en modelos mantiene a los alumnos activos y con atención sostenida. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 19(3). Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/8380/9777>
- Ortiz, E. y Sánchez, A. (2006). Elaboración de un hipertexto educativo en Anuros para estudiantes de Básica Secundaria. (Tesis de pregrado) Universidad Pedagógica Nacional, Colombia.
- Palacios, M. 1985. Tabla de desarrollo normal a nivel histológico del estado embrionario en *Hyla labialis*. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Bogotá.
- Pramuk, J y Gagliardo, R. (2008) Cuidados generales para Anfibios. Poole, V., y Oliveira, C. (AZCARM), Guía para el manejo de Anfibios en cautiverio (6-46). México: AZCARM
- Rey-Herrera, J., & Candela, A. (2013). La construcción discursiva del conocimiento científico en el aula. *Educación y Educadores*, 16(1),41-65. [fecha de Consulta 19 de Abril de 2023]. ISSN: 0123-1294. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83428614002>
- Romero, R. (2015). Aristóteles: Pionero en el estudio de la anatomía comparada. *Scielo*, 33(1), 333-336. Recuperado https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022015000100052
- Sandoval, M., & Gómez, M. (2010). Desarrollo y morfología del sistema urogenital de *Physaëmus santafecinus* Barrio 1965 (Anura: Leiuperidae). *Revista de la facultad de ciencias exactas, naturales y agrimensura (FACENA)*. Vol 26. [fecha de Consulta abril 19 de 2023]. Recuperado de: <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/fce/article/view/1167>

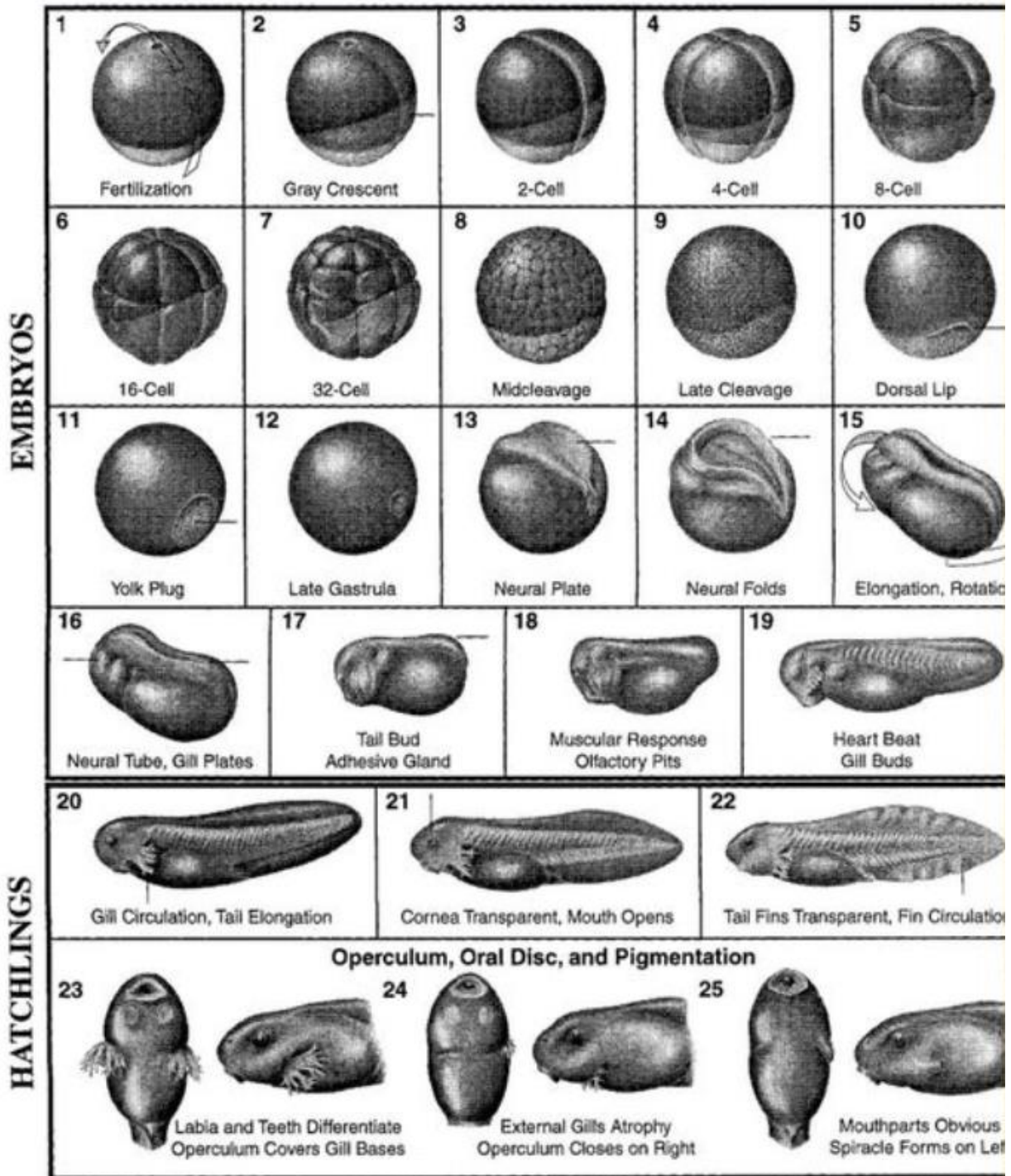
- Sarria, A. (2010) Tabla de desarrollo embrionario de la rana sabanera *Dendropsophus labialis*: *Hylidae* en cautiverio (laboratorio biología de desarrollo PUJ) (Tesis pregrado). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- Sossa, A. Riestra, G. Laborde, L. Rodríguez, G. Andrioli, M. Battagliese, L. Clavijo, G. Devesa, R. (2010). Los clubes de ciencia: un escenario de educación no formal en expansión. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 1(),109-117
- Steinmann, Andrea Rosa; Grenat, Pablo Raúl; Comportamiento animal reproductivo: un enfoque evolutivo; Universidad Nacional de Río Cuarto; 2020; 314
- Toledo, A. (2016). La Metamorfosis Como Problema De Conocimiento En La Enseñanza De Las Ciencias Naturales. (Trabajo de Maestría). Universidad Pedagógica Nacional, Colombia.
- Tuay, R. Giordano, E. Y Testa, M. (2017). El sentido de hacer ciencia con los niños. En Quintanilla, M. *Enseñanza de las ciencias e infancia* (pp, 89-112). Santiago de Chile. Chile: Bellaterra Ltda.
- Valencia, S., Méndez, O. y Jiménez, G (2006). Los saberes de la representación o de cómo imaginar la escuela. Recuperado de <http://www.aufop.com/aufop/home/>
- Valencia, S., Orozco, J., Méndez, O., Jiménez, G., y Garzón, J. (2003). Los problemas de conocimiento una perspectiva compleja para la enseñanza de las ciencias. *Tecne Episteme Y Didaxis* ISSN: 0121-3814. v.14 fasc. Universidad Pedagógica Nacional., p.109 - 120.
- Vargas, A. (2021). Material didáctico sobre embriología dirigido a estudiantes de segundo semestre de la Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. (Trabajo de grado de Licenciatura). Universidad Pedagógica Nacional, Colombia.

Vera, I. (2017). Historia de lo viviente “Una explicación acerca de los seres vivos a través de la articulación de las nociones de tiempo, cambio y origen en Lepidópteros”. (Trabajo de Maestría). Universidad Pedagógica Nacional, Colombia.

Zornoza. C, (2011) Relación entre el tamaño corporal y los estados de madurez sexual en *Dendropsophus columbianus* (Anura, Hylidae) colectados en la cuenca del Río La Vieja (Quindío, Colombia) y preservados en el Museo de Historia Natural de la Pontificia Universidad Javeriana. (Tesis pregrado). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

ANEXOS

Anexo 1: Tabla de crecimiento y desarrollo. Gosner (1960)



Anexo 2: Formato de solicitud permiso individual de recolección

 <p>ANLA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible</p>	<p>FORMATO DE SOLICITUD PERMISO INDIVIDUAL DE RECOLECCIÓN</p>	<p>Versión: 1.0 Última Actualización: Junio del 2013</p>
---	--	--

1. DATOS GENERALES DEL SOLICITANTE							
Nombre del Solicitante: []				NIT/Cédula de Ciudadanía: []			
Dirección: []		Ciudad: []		Departamento: []		País: []	
Nombre del representante/apoderado: []		Aporado: []	Representante Legal: []		Documento de Identidad: []		
Dirección notificación: []		Ciudad: []		Correo Electrónico: []		Teléfono(s): []	
Título del Proyecto: []				Duración: []			
2. INFORMACION PARA EL TRAMITE DEL PERMISO							
2.1 Metodología para la recolección de especímenes (máximo 500 palabras): []							
2.2 Localidades para la recolección de especímenes							
No. Localidad	Nombre Localidad	Departamento	Municipio	Coordenadas		Consulta Previa	
				Este o Long	Norte o Lat	NO	Si, Fecha de Protocolización
1	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
2	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
3	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
4	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
5	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
2.3 Especímenes a recolectar							
Nombre Científico	Tipo de muestra	No. Localidad	Cantidad de especímenes a recolectar	Categorías especiales			No. Permiso / Resolución levantamiento de veda
				Endémica*	Amenaza*	Veda*	
[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
Justificación para la recolección de especies de categorías especiales: []							
2.4 Cronograma de recolección: []							
2.5 Movilización del material recolectado al interior del país:							
Ruta de movilización		Modo de transporte		Fecha (tentativa)			
Origen	Destino						
[]	[]	[]		[]			
[]	[]	[]		[]			
[]	[]	[]		[]			

Anexo 3: Autorización de uso de derechos de imagen sobre fotografías y fijaciones audiovisuales en actividades pedagógicas consentimiento informado – Colegio Anglo Americano



COLEGIO ANGLO AMERICANO
PROYECTO FORJADOR DE VALORES PARA UNA NUEVA SOCIEDAD

AUTORIZACIÓN DE USO DE DERECHOS DE IMAGEN SOBRE FOTOGRAFÍAS Y FIJACIONES AUDIOVISUALES EN ACTIVIDADES PEDAGÓGICAS CONSENTIMIENTO INFORMADO AL DEPARTAMENTO DE LENGUA CASTELLANA Y BIBLIOTECA PARA EL AÑO ESCOLAR 2022.

Atendiendo a la Ley de Infancia y Adolescencia y en cumplimiento a **Ley 1581 de 2012** de Orden Nacional, “Por la cual se dictan disposiciones generales para la protección de datos personales”, el colegio Anglo Americano solicita la autorización escrita del padre/madre de familia o acudiente del (la) estudiante _____, identificado(a) con la tarjeta de identidad número _____, para participar en las actividades de gestión, promoción o divulgación de la **Revista “Viajeros” Proyecto de aula y otras actividades con fines pedagógicos como: concurso de cuento y ortografía y el Festival de la palabra.**

El fin de las videograbaciones, audios o fotografías son netamente pedagógicos, sin ánimo lucro y en ningún momento serán utilizados para objetivos distintos.

Atentamente,

Departamento de Lengua castellana
COLEGIO ANGLO AMERICANO

RESPUESTA A SOLICITUD.

Señores
COLEGIO ANGLO AMERICANO

Nosotros, en nuestra condición de padres o acudientes del (la) estudiante _____ del curso _____, autorizamos a nuestro hijo(a) a participar en la **Revista “Viajeros” Proyecto de aula y otras actividades con fines pedagógicos como: concurso de cuento y ortografía y el Festival de la palabra.**

SÍ _____ **NO** _____

Firma: _____

Nombre y apellidos: _____

Documento de identidad: _____ de _____

Actuando como representante legal del estudiante: _____ identificado con documento _____

Anexo 3: Invitación para los estudiantes a formar el club los Herpetocuriosos



Anexo 4: Guía de trabajo desarrollada por un estudiante.



¡Hola Herpetocuriosos!
Mi nombre es

Renato Sabana

Seré tu guía por el viaje al mundo desconocido de los anuros, para iniciar te contaré acerca de mí...

Pertenezco a la especie *Dendropsophus labialis*, se me conoce con este nombre por que me puedes encontrar en ecosistemas como la sabana, ecosistema característico de Bogotá.

Vivo en ambientes acuáticos y terrestres, una parte de mi vida la paso totalmente en el agua y otra en la tierra, mi alimentación es variada.

Ahora, hablemos un poco de tí!

Herpetocurioso: Valeria Ortiz Torres

Curso: 5C



UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

Universidad Pedagógica Nacional
Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales

Proyecto de Investigación

"El desarrollo embrionario de *Dendropsophus labialis* como problema de conocimiento" para optar por el título de magister.

Autoras:
Esperanza Ortíz Ardila
Docente Ciencias Naturales Colegio Anglo Americano
Lorena Bejarano Beltrán
Docente Ciencias Naturales Colegio San Bernardino IED

Asesores:
Steyner Valencia Vargas, Ingrid Vera Ospina y Andrea Toledo Aranda

Agradecimientos:

Colegio Anglo Americano

Bogotá, Colombia
2022

EL RENACUAJO PASEADOR

Autor: Rafael Pombo

El hijo de rana, Rinrín renacuajo
saló esta mañana muy tieso y muy mojado
Con pantalón corto, corbata a la moda
Sombrero encintado y chupa de boda.

-¡Muchacho, no salgás!- le grita mamá
pero él hace un gesto y arondo se va.

Halló en el camino, a un ratón vecino
le dijo: -¡amigo!- venga usted conmigo.
Visitemos juntos a doña ratona
Y habrá francachela y habrá comilona.

A poco llegaron, y avanza ratón,
Estirase el cuello, coge el aldadón.
Da dos o tres golpes, preguntan:
¿quién es?

Yo doña ratona, beso a usted los pies

¿Está usted en casa? -Si señor sí estoy,
y celebro mucho ver a ustedes hoy;
estaba en mi oficio, hilando algodón,
pero eso no importa; bienvenidos son.

e hicieron la venia, se dieron la mano,
Y dice Ratón, que es más veterano:
Mi amigo el de verde rabia de calor,
Demele cerveza, hágame el favor.

en tanto que el pilla consume la jarra
Mandó la señora traer la guitarra
Y a renacuajo le pide que cante
Versos alegres, tonada elegante.



-¡Ay! de mil amores lo hiciera, señora,
pero es imposible darle gusto ahora,
que tengo el gaznate
más seco que estaba y me
aprieta mucho esta nueva ropa.

-Lo siento infinito, responde la rata,
alójese un poco chaleco y corbata,
y yo mientras tanto les voy a cantar
una cancioncita muy particular.

Mas estando en esta brillante función
De baile y cerveza, guitarra y canción,
La gata y sus gatos salvaron el umbral,
Y vuélvase aquello el juicio final

Doña gata vieja trinchó por la oreja
Al niño Ratón maullándole: ¡Hola!
Y los niños gatos a la vieja rata
Uno por la pata y otro por la cola

Don Renacuajito mirando este asalto
Tomó su sombrero, dio un tremendo salto
Y abriendo la puerta con mano y narices
Se fue dando a todas noches muy felices

Y siguió saltando tan alto y aprisa,
Que perdió el sombrero, rasgó la camisa,
se coló en la boca de un pato tragón
y éste se lo embucha de un solo estirón

Y así concluyeron, uno, dos y tres
Ratón y Ratona, y el Rana después;
Los gatos comieron y el pato cenó,
¡y mamá Ranita solita quedó!

Ahora, hablemos un poco de mí, sigue las pistas
para reconocer algunas de mis características

- PISTA 1:** Esqueleto por dentro, tengo y en ambientes húmedos me encuentro, no tengo alas, no tengo pico, primero nado y después camino.
- PISTA 2:** Salí de un huevo, me transformé, en mis primeras etapas me alimentaba con algas, ahora que soy adulto las cambié por larvas, algunas moscas y garrapatas.
- PISTA 3:** Dejé la cola por cuatro patas, formé pulmones pa respirar, pero mi piel siempre húmeda está, por si oxígeno me falta por ella pueda entrar.
- PISTA 4:** Más pequeño que la hembra soy y en las noches le canto para atraer su atención.

¿Según las pistas, cuáles son las condiciones que caracterizan mi grupo?
Vertebrado, Renacuajo, Huevo, Adulto, ambiente húmedo, Furtivo, pulmones, Pata, quietud

DEL COLEGIO A LA HUERTA

Es momento de TRANSPORTARNOS a un lugar maravilloso, en el cual conoceremos cómo es mi habitat, por eso te invito a conocer

LA HUERTA MUYSO

Ahora que conoces quien soy y el lugar que escogí dentro de la ciudad de Bogotá para vivir: la huerta Muysó, es posible que te imagines que soy un animal que debe tener unas condiciones ambientales para vivir. Escribe 5 aspectos que viste en la huerta Muysó que consideres son necesarios para que YO pueda seguir viviendo.

- A. Agua B. Picha (comida) C. Plantas (comida)
D. Más integrantes de su especie E. Tranquilidad



INVITAMOS A RENATO AL COLEGIO

Una tarde Renato quiso venir a explorar otro lugar para vivir y se encontró que en el colegio Anglo Americano estaban buscando un anuro para cuidar el laboratorio de biología durante el tercer bimestre, para eso debía alistar su maleta con los materiales necesarios para construir su casa temporal.

Ayudémosle a Renato a dos cosas:

A. Realizando un listado de los materiales que necesita para su casa en el colegio:

- Comida
- ambiente natural
- energía
- agua limpia

B. Diseñando un modelo de la casa para Renato

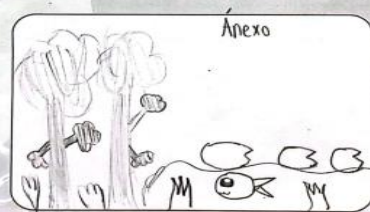


DE LA HUERTA AL COLEGIO

¿CÓMO TE IMAGINAS A RENATO DE BEBE?

Como incapacidad para saltar, i incapacidad para salir del agua y branquias.

Según la información presentada describe el ambiente en el que se puede encontrar la Rana Sabanera y los elementos que necesita para su desarrollo



ES HORA DE COMER

Yo Renato Sabana quiero contarles un poco sobre mi historia de vida, así que empezare por hablarles de mis padres, la verdad no hay mucho que contar, solo estuvieron juntos para el momento de mi concepción, luego cada uno cogió por su lado, dejando la postura en el agua, si así es, yo provengo de huevos que son arrojados en el agua, son gelatinosos y junto con mis hermanos que éramos más de 1000, tuvimos que sobrevivir, algunos vivieron y otros fueron alimento de animales hambrientos, mientras que estaba como huevo me alimentaba del vitelo, el cual está ubicado en el hemisferio inferior del huevo y tiene un alto contenido de lecitina, si, de eso me alimentaba, es tanto lo que hay que no necesitaba comer nada más.

Al nacer en mi estado renacuajo me gustaban los vegetales y protistas, pero de adulto ahora elijo ser cazador de insectos y de arácnidos, a veces al día me como 7 moscas, si tengo suerte, hay otros días que solo me como una araña.

La vida me ha dado un gran amigo, hace poco tuvo hijos, uno ya es renacuajo y el otro aún es huevo, muy pronto nos reuniremos y quiero llevar la cena, he seleccionado uno de los mejores restaurantes de la ciudad "El hijo de rana" pero aún no me decido en los menús, así que te quería pedir un favor:

En la siguiente página encontrarás el menú del restaurante "El hijo de Rana" por favor selecciona tres platos, uno para mi amigo que es un adulto, otro para su hijo renacuajo y otro para su hijo que aún es huevo.

Dato curioso...

El cortejo del macho rana emite sonidos para atraer a la hembra, ella puede identificar si es su misma especie y donde esta ubicado, para lo cual ambos necesitan un alto gasto energético. Es decir, la rana debe tener una buena alimentación para poder reproducirse.



Menú Restaurante EL HIJO DE RANA

PLATO DEL DÍA

Arropobandeja: Plato acompañado de las mejores arañas y zancudos. Bebida: agua de humedad. 180

Bandejanura: Plato mixto de moscas, polillas y mosquitos. Bebida: agua de charca. 120

Maxi croac: Plato acompañado de protistos con salsa de la casa. Bebida: agua de río. 150

Mini croac: Plato acompañado de vitelo con salsa de lecitina. 80

Ensaladalgas: Plato de las mejores algas. Bebida de estenque. 95



Adulto: Arropobandeja,
Bandejanura,

Renacuajo: Maxi croac, Mini croac,

Huevo: Ensaladalgas

2. Escribe los elementos que deben estar presentes en el ambiente en el que habita la Rana Sabanera.

Renacuajo necesita comida, agua, plantas para clamarflase.

Comparto muchas características similares con otros animales, dentro del huevo nos parecemos en algunas etapas y con el paso del tiempo nos diferenciamos...

Recorta la huella, el embrión y el huevo que corresponde a cada animal (Ver anexo 1) y pégalo en la secuencia correspondiente

	HUELLA	HUEVO	EMBRIÓN
ANIMAL Rana			
ANIMAL Ave (Gallina)			
ANIMAL Iguana			

DE LA RANA AL HUEVO

Un día me encontraba hablando con Doña Gallina, es un ave con plumaje negro brillante, su cinturita y patas son la sensación en el gallineral, es muy conocida por poner los mejores huevos de todas las fincas a su alrededor.

Entablamos una conversación muy interesante, yo le contaba que había nacido de huevos cuya postura era en el agua y que, a diferencia de ella, que ponía un huevo al día, las ranas ponen más de mil huevos de dos a tres veces en su época fértil. Doña Gallina, soltó la carcajada señalándome de mentiroso, pues no me creyó que provenía de huevos. Quedé enfurecido con el señalamiento que me hizo, así que decidí hacer un modelo de mis 25 estadios que presenta los huevos de la rana sabanera, para demostrarle a Doña Gallina y a todo aquel que dudó de mi desarrollo embrionario que mi origen viene de los huevos.

Al tener mis huevitos de rana hechos con porcelana fría se los enseñe a todo aquel que me encontraba incluyendo a Doña Gallina, la cual solo guardo silencio, tal fue mi éxito, que lance mi propia fábrica de huevitos de rana, modelos que utilizaban los profesores para enseñarle a las ranas, a las gallinas y a todos los seres vivos que les interesara saber de dónde provienen las ranas.

Siempre he dicho que la base del éxito esta en compartir y construir con la comunidad, así que diseñe un instructivo para que todos fueran fabricantes de huevitos de ranas.

Ustedes por ser el equipo de Herpetocuriosos, los ranólogos, desarrolle una edición especial!



Huevos

¿Cómo hacer modelos de huevitos de rana?





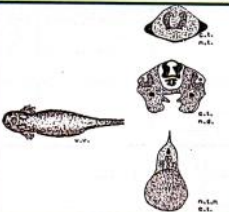
- Materiales:
- Una libra de porcelanición
 - Pinturas acrílica
 - Un globo pequeño
 - Un punzón
 - Servilletas de cocina





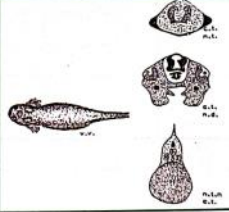
1. El desarrollo embrionario de la Rana Sabanera presenta 24 a 25 estadios, en cada uno de estos ocurre la formación de las estructuras anatómicas que van a construirse en renacuajo.

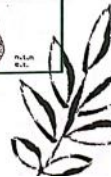
Es así, que a continuación se seleccionaron 8 estadios en los cuales acontecen procesos interesantes que vale la pena resaltar, encontraras el nombre del estadio, la hora en la que ocurre teniendo en cuenta que el proceso dura hasta 265 horas y una imagen del modelo de cómo se van formando las estructuras.

Te invito a que la leas en detalle y te hagas muchas preguntas frente a lo que observas.

2. Modela el estadio asignado.
3. Toma el porcelanición o cerámica fría y empieza a amasar de tal manera que quede lo más blandita posible.
4. Toma una porción y dependiendo del estadio puedes agregar pintura acrílica en el porcelanición, lo amasas hasta que tome el color que desees.
5. Inicia haciendo lo que esta por dentro del huevo, es decir la imagen que aparece en la tabla dependiendo el estadio que tengas. Debes utilizar el punzón para delinear los detalles que consideres necesarios. Se creativo con las formas y colores.
6. Toma el globo e inflalo teniendo en cuenta el tamaño de lo que hiciste en el punto anterior.
7. Toma una porción de porcelanición amásala y déjala como una tela que sea lo suficiente grande para tapar el globo.
8. Con supervisión de un adulto corta el huevo a la mitad antes de que se seque el porcelanición.
9. Poner a secar
10. Cuando estén secos, en la parte interna los pones dentro del huevo.

Nombre del estadio y tiempo	¿Qué ocurre dentro del huevo?	Imagen
Estadio 8: ovocito 0 hora	Inicia con la distribución del vitelo y el polo vegetativo y animal.	 c.l.
Estadio 11: Gástrula media 27 horas y 20 minutos	Ocurre la formación de las 3 capas germinativas.	 c.l.
Estadio 14: Pliegue neural 48 horas y 50 minutos	Ocurre la formación del pliegue neural, que posteriormente se constituirá en el sistema nervioso.	 c.l. n.m.
Estadio 18: latido cardiaco 110 horas 5 minutos	Hacia la parte ventral se forma el corazón, se diferencia el aorta y ventrículo.	 c.l. n.m.
Estadio 20: apertura de la boca 142 horas 5 minutos	Completamiento del estomodeo con la cavidad oral.	 c.l. n.m.

Nombre del estadio y tiempo	¿Qué ocurre dentro del huevo?	Imagen
Estadio 8: ovocito 0 hora	Inicia con la distribución del vitelo y el polo vegetativo y animal.	 c.l.
Estadio 11: Gástrula media 27 horas y 20 minutos	Ocurre la formación de las 3 capas germinativas.	 c.l.
Estadio 14: Pliegue neural 48 horas y 50 minutos	Ocurre la formación del pliegue neural, que posteriormente se constituirá en el sistema nervioso.	 c.l. n.m.
Estadio 18: latido cardiaco 110 horas 5 minutos	Hacia la parte ventral se forma el corazón, se diferencia el aorta y ventrículo.	 c.l. n.m.
Estadio 20: apertura de la boca 142 horas 5 minutos	Completamiento del estomodeo con la cavidad oral.	 c.l. n.m.



Bitácora de herpetocurioso

¿Qué es un anfibio? Un anfibio es una rana, un sapo, etc. Los anfibios son ovíparos (nacidos de huevos).

¿Qué es el desarrollo embrionario? Es cuando un ser vivo se desarrolla dentro de un huevo. (Ovíparos).

Soy el = Soy el estadio 21.
Compañera: Sara Gómez.

ESTADIO 21 ESTADIO 21

Estadio 21



Estadio 21 Estadio 21

