



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
FACULTAD DE QUÍMICA
QUÍMICA**

**EL RAZONAMIENTO MECANÍSTICO SOBRE PERIODICIDAD QUÍMICA QUE
TIENEN LOS ESTUDIANTES QUE EGRESAN DEL BACHILLERATO**

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**

PRESENTA:

Q. ORTEGA SÁNCHEZ DAFNE BERENICE

**TUTOR PRINCIPAL: DRA. KIRA PADILLA MARTÍNEZ
FACULTAD DE QUÍMICA**

Ciudad Universitaria, CDMX, 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

Tabla de contenido

Índice de Tablas.....	4
Índice de ilustraciones.....	4
Resumen.....	5
Abstract	6
Introducción	8
Marco Teórico	9
Propiedades Periódicas	9
Dificultades de enseñanza y aprendizaje	11
Energía de Ionización (EI)	13
Radio Atómico (RA)	15
Electronegatividad (ENG)	17
Expectativa de los planes de estudio	18
<i>Argumentación: una herramienta de aprendizaje.....</i>	20
Argumentación en química.....	22
Beneficios de la argumentación en el tema de Propiedades Periódicas	24
Razonamiento como sinónimo de aprendizaje.....	24
Razonamiento en química.....	25
Razonamiento mecanístico	28
Pregunta de Investigación.....	31
Objetivos.....	31
Metodología.....	32
Resultados y análisis de resultados.....	69
Energía de Ionización (EI)	70

Pregunta 1. Describe qué es la Energía de Ionización y explica por qué esta propiedad varía entre los distintos elementos.....	70
Pregunta 2. ¿Por qué consideras que dentro de un periodo la energía de ionización aumenta de izquierda a derecha?	76
Pregunta 3. ¿Por qué consideras que dentro de una familia la energía de ionización aumenta de abajo hacia arriba?	82
Pregunta 4. Ionización del aluminio e indio	88
Radio Atómico (RA)	96
Pregunta 1. Describe qué es el Radio Atómico y explica por qué esta propiedad varía entre los distintos elementos.....	96
Pregunta 2. ¿Por qué consideras que dentro de un periodo el radio atómico disminuye de izquierda a derecha?	102
Pregunta 3. ¿Por qué consideras que a lo largo de una familia el radio atómico aumenta?	109
Pregunta 4. Diferencia entre radio Li, F y Cs	115
Electronegatividad (ENG)	119
Pregunta 1. Describe qué es la Electronegatividad y explica por qué esta propiedad varía entre los distintos elementos.	119
Pregunta 2. ¿Por qué consideras que la tendencia de la electronegatividad aumenta de izquierda a derecha en un periodo?	126
Pregunta 3. ¿Por qué consideras que la tendencia de la electronegatividad disminuye de arriba hacia abajo en una familia?.....	131
Pregunta 4. Compuestos SO y MgS Respecto a la pregunta anterior, explica por qué consideras que esos son los átomos más electronegativos en dichos compuestos.....	136
Conclusiones	141
Bibliografía	144
Anexo	149

Índice de Tablas

Tabla 1. Investigaciones sobre razonamiento mecanístico en Química.	27
Tabla 2. Cuestionario.....	32
Tabla 3. Características de RM para radio atómico.	35
Tabla 4. Características de RM para energía de ionización.....	37
Tabla 5. Características de RM para electronegatividad.....	41
Tabla 6. Rúbrica de evaluación para radio atómico.	44
Tabla 7. Rúbrica de evaluación para energía de ionización.	53
Tabla 8. Rúbrica de evaluación para electronegatividad.	61
Tabla 9. Resultados de la pregunta 1 de EI.	70
Tabla 10. Resultados obtenidos de la pregunta 2 de EI.	77
Tabla 11. Resultados obtenidos de la pregunta 3 de EI.	83
Tabla 12. Resultados obtenidos de la pregunta 4 de EI.	89
Tabla 13. Resultados obtenidos de la pregunta 1 de RA.....	96
Tabla 14. Resultados obtenidos de la pregunta 2 de RA.....	102
Tabla 15. Resultados obtenidos de la pregunta 3 de RA.....	109
Tabla 16. Resultados obtenidos de la pregunta 4 de RA.....	115
Tabla 17. Resultados obtenidos de la pregunta 1 de ENG.	119
Tabla 18. Resultados obtenidos de la pregunta 2 de ENG.	126
Tabla 19. Resultados obtenidos de la pregunta 3 de ENG.	131
Tabla 20. Resultados obtenidos de la pregunta 4 de ENG.	137

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Distribución de las tablas de resultados.....	69
Ilustración 2. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 1 de EI.	74
Ilustración 3. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 2 de EI.	80
Ilustración 4. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 3 de EI.	86
Ilustración 5. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 4 de EI.	92
Ilustración 6. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 1 de RA.....	99
Ilustración 7. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 2 de RA.....	106
Ilustración 8. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 3 de RA.....	113
Ilustración 9. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 4 de RA.....	118
Ilustración 10. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 1 de ENG.	124
Ilustración 11. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 2 de ENG.	130
Ilustración 12. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 3 de ENG.	134
Ilustración 13. Átomos elegidos como los más electronegativos en la pregunta 4 de ENG.	136

Resumen

En la siguiente investigación se pretende identificar si los estudiantes de bachillerato presentan razonamiento mecanístico cuando tienen que argumentar sobre el tema de propiedades periódicas. Este tipo de razonamiento permite identificar lo que comprende el estudiante y las dificultades que tiene. La forma en la que se identificó dicho razonamiento fue a través de las características que lo componen dentro del argumento de cada estudiante. A pesar de que en este tópico, los docentes tienden a fomentar la memorización de las propiedades periódicas en la Tabla Periódica, sin recurrir a las razones del porqué de estas y los efectos que tendrían sus variaciones. Es por ello, que la herramienta de recolección de datos fue diseñada con el objetivo de promover y obtener una argumentación.

En este trabajo se muestra cómo los estudiantes argumentan el porqué existen los cambios en las propiedades periódicas dependientes de cada elemento. En específico se tomaron tres propiedades: energía de ionización, radio atómico y electronegatividad, las cuales están en el plan de estudios a nivel bachillerato y tienen como objetivos ser utilizadas para la predicción de fenómenos físicos y químicos. Entonces, se espera que el estudiante tenga una profunda comprensión del tópico y esto se traduce a un nivel de razonamiento mecanístico alto.

El instrumento de recolección de datos consistió en un cuestionario de cuatro preguntas por propiedad periódica, donde no hay respuestas cerradas, por lo que es necesario argumentar. Así mismo, las respuestas fueron evaluadas con ayuda de rúbricas particulares para cada propiedad. Con esta metodología se pretende identificar el nivel de razonamiento mecanístico general, las dificultades de aprendizaje y el nivel de comprensión de las propiedades periódicas.

Se encontró que los estudiantes se quedan en niveles bajos de razonamiento mecanístico. Sumado a que, en ninguna propiedad se identificó el uso de analogías para ejemplificar el fenómeno. Lo cual es indicativo de una comprensión superficial del tema, ya que el estudiante no alcanza a relacionar el fenómeno más allá del aula.

Abstract

In this research we wanted to identify if high school' students show mechanistic reasoning related to periodic properties of elements. The mechanistic reasoning allows us to find out the comprehension level of our students and the difficulties they might have. The way in which it was identified was through the characteristics that compose it within each student's argumentation. Despite the fact that in this topic, teachers tend to encourage the memorization of tendencies, without resorting to the reasons why these tendencies occur or what phenomena they may have as a consequence. Therefore, the data collection tool was designed to promote argumentation.

In this work it is shown how students argue about why exist the change in periodic trends. Specifically, three properties were taken: ionization energy, atomic radius and electronegativity. These properties are in the curriculum at the high school level and are intended to be used for the prediction of phenomena. Therefore, the students are expected to have a deep understanding and translates into a high level of mechanistic reasoning.

The data collection instrument consisted of a questionnaire of four questions per property was designed. To answer them, an argumentation is necessary and there are no closed answers. Likewise, the answers will be evaluated with the help of specific rubrics for each property. This methodology is intended to obtain the level of general mechanistic reasoning, the learning difficulties, and the level of understanding of the periodic properties.

It was found that students remain at low levels of mechanistic reasoning. In addition, the use of analogies to exemplify the phenomenon was not found in any property. This is indicative of superficial understanding. Since the student does not manage to relate the phenomenon beyond the classroom.

Introducción

El razonamiento mecanístico es un tipo de razonamiento que permite observar cuál es el nivel de comprensión¹ que tiene un estudiante sobre cualquier tema, por medio de una argumentación. Esta debe ser profunda y bien estructurada, lo que será sinónimo de un nivel alto de comprensión y como consecuencia un nivel alto de razonamiento mecanístico. Por ello, la búsqueda de este razonamiento en ciencias ha sido bastante innovadora en las últimas décadas. (p. 28)

En el caso de la química, se espera que el estudiante utilice sus conocimientos para la resolución de problemas más allá del aula. Sin embargo, muchos temas al ser tan abstractos quedan abordados desde la superficie. Ejemplo de ello es el tema de propiedades periódicas, donde los estudiantes y los docentes recurren a la memorización como metodología de aprendizaje centrándose en sólo recordar la tendencia que presenta cada propiedad con base en su posición en la tabla periódica y desplazando las causas de este fenómeno. Pero, si analizamos los planes de estudio de bachillerato (UNAM, 2016) los principales objetivos para propiedades periódicas son que el estudiante entienda, relacione y aplique dicho conocimiento en futuros contextos. Ejemplo de esto, es la predicción del comportamiento de las sustancias en su estado elemental.

Este trabajo se centra en el análisis de las respuestas de los estudiantes desde la perspectiva del razonamiento mecanístico. Esto con la finalidad de saber si se están alcanzando los objetivos del plan de estudios. Así como detectar el nivel de comprensión que tienen sobre propiedades periódicas y como consecuencia, el nivel de razonamiento mecanístico.

En los primeros apartados de este trabajo, se hace una revisión bibliográfica sobre dificultades de enseñanza y aprendizaje de las propiedades periódicas. Así como una

¹ En este trabajo, se define la comprensión como: Capacidad de utilizar, explicar, analizar y aplicar el conocimiento.

revisión de las concepciones alternativas más frecuentes y cómo estas participan como dificultades de aprendizaje. De igual forma, se aborda la importancia de la argumentación en química y los beneficios de ella para este tema en específico. También, se presenta el razonamiento mecanístico y las principales características que lo componen y que se encuentran dentro de la argumentación, con la finalidad de poder identificarlas en las respuestas obtenidas.

Por otro lado, se muestra la metodología, basada en estudios previos sobre razonamiento mecanístico en química que fue seguida durante esta investigación. La cual, está compuesta de un cuestionario de doce preguntas, cuatro por cada propiedad (radio atómico, energía de ionización y electronegatividad) y tres rúbricas para evaluar los resultados, además de asignar el nivel de razonamiento mecanístico. Lo anterior es abordado se aborda con mayor profundidad en el análisis de resultados.

Finalmente, se dan las conclusiones obtenidas y la comparación del nivel de comprensión de los estudiantes y los objetivos planteados en el plan de estudios.

Marco Teórico

En la actualidad, el estudio de las dificultades de los estudiantes al aprender un tópico ha sido de gran utilidad. El caso de las propiedades periódicas se puede analizar desde la perspectiva del razonamiento mecanístico. Este permite reconocer características importantes sobre el cómo entiende el estudiante y la profundidad que tiene sobre el tema.

Propiedades Periódicas

Dentro de la enseñanza de la química, uno de los temas más difíciles y abstractos para los estudiantes resulta ser la Tabla Periódica (TP); debido a diferentes causas, entre las que se encuentran que los docentes tienden únicamente a “mostrar” la TP y a que los estudiantes la memoricen, haciendo tedioso y aburrido este conocimiento (Green 2021). Otros investigadores ofrecen explicaciones del porqué en muchas

ocasiones se elige la memorización sobre la comprensión del concepto. Por ejemplo, el trabajo hecho por Bunce (2009), donde ilustra cómo el desempeño de los estudiantes se ve influenciado cuando presentan múltiples inseguridades y miedos acerca de la química. Además, estos miedos desembocan en que los estudiantes prefieren memorizar los conceptos sobre entender porqué sucede un fenómeno, con tal de obtener una nota aceptable. (Bunce, pp. 674-680 citado por Salame, 2011)

Entender cómo está organizada la TP y cómo interpretarla resulta un elemento clave para comprender la química (Green, 2021). Es por ello que se debe hacer un énfasis en los estudiantes para que comprendan cómo y porqué esa organización, más allá de únicamente memorizar la ubicación de los elementos. Sí bien es posible obtener muchísima información de la TP, el punto clave de este trabajo son las Propiedades Periódicas (PP), ya que su comprensión permite que los estudiantes desarrollen habilidades de razonamiento específicas para el pensamiento químico. Defriati (2019) en su estudio observa que el 74.99% de estudiantes presentan dificultades para comprender las PP, aunque lo califican como un concepto importante. Dichas dificultades se ven correlacionadas con la comprensión de conceptos previos, por ejemplo, en este mismo estudio es posible apreciar que el 64% de los estudiantes presenta dificultades para comprender lo que es la periodicidad. Es por ello que los conceptos previos resultan importantes para la comprensión de los temas de química. Además, la no comprensión de esto deriva en ciertas inseguridades por parte de los estudiantes y como consecuencia la tendencia a la memorización.

Las propiedades periódicas es uno de los temas base en los planes de estudio en química. Sin embargo, se puede constatar que aspectos básicos como la presencia de los elementos químicos en nuestra vida, la manera en que estos se estructuran en la Tabla Periódica, la propia utilidad de esta, los criterios mediante los que se organizan los elementos, o las limitaciones que también posee el actual sistema periódico, son temas en los que aparecen numerosas carencias en los alumnos (Franco, et.al. 2009). Como ya se mencionó, este tópico en particular resulta ser crucial para la comprensión de conceptos posteriores y también la explicación de conceptos o fenómenos del contexto cotidiano, siendo de este modo que se debería

hacer énfasis en la comprensión. Sin embargo, suele suceder que estos conceptos son menos abordados e incluso puntualizados, utilizando como única herramienta de enseñanza-aprendizaje la memorización. Esto únicamente mostrando las tendencias (aumenta, disminuye) y dando el concepto de manera descriptiva, muy pocos docentes abordan la explicación del porqué suceden esos fenómenos y cómo es que se dan las variaciones de forma periódica. ¿Por qué?

Dificultades de enseñanza y aprendizaje

Una parte importante de los trabajos desarrollados sobre la Tabla Periódica en revistas de corte educativo constituyen, en esencia, estudios orientados desde una perspectiva histórica y epistemológica (Franco, et.al. 2012). Pocos son los estudios enfocados en la dificultad que presenta este tópico, sumado a que la mayoría de los artículos únicamente fluctúan en la aplicación de didácticas y la representación de las tendencias en la TP, pero sin abordar cómo y porqué se varía cada una de las propiedades.

Franco y colaboradores (2012) reportan múltiples dificultades relacionadas con la enseñanza y aprendizaje de las PP. Entre las que resaltan las siguientes:

- Aspectos actitudinales, de los que más destacan de este tópico es que los alumnos no perciben un atractivo mayor, por lo que puede afectar el estudio del tema. Sin embargo, los docentes consideran que el tema es un tópico central dentro de la química, por lo que existe una pequeña motivación a enseñarlo. Por otra parte, los estudiantes, visualizaba un punto negativo del tema donde la aportación de información es muy grande haciendo que ellos se desmotivaran/desinteresaran en el tema. Dejando un sabor “vacío”, ya que los conceptos son abstractos y únicamente memorizados.
- Dificultades de memorización, de la mano con el aspecto anterior, los autores mencionan que pueden existir dificultades dentro de la memorización de los conceptos. Esto llevaría a que se perciba un aspecto negativo para los estudiantes.

- Dificultades debidas a una mala comprensión de conceptos previos sobre los que se sustenta el tema. En este caso, los conceptos de mayor dificultad son: átomo, masa atómica, cambio químico, sentido de periodicidad, etc. Es por ello que los estudiantes ven de manera negativa y difícil el tema.
- Dificultades relacionadas con las propiedades que se utilizan como criterios de clasificación de elementos, aquí hay un obstáculo donde los estudiantes no son capaces de percibir lo que es una propiedad y cómo es que esta tiene una relación con el comportamiento de un elemento. Llevando de la mano la memorización de la tendencia y en consecuencia se dan frases como: “Aumenta hacia...” “Disminuye conforme bajamos...”, etc.
- Dificultades sobre la noción de periodicidad y la percepción de su utilidad. Si bien, aunque se planea darle un contexto a este tema en particular, es muy difícil lograrlo ya que los estudiantes perciben poca aplicabilidad en la vida cotidiana viéndose como un concepto que únicamente se enfoca al aula. Esto conlleva a pensar que lo memorizado es la mejor opción para ser utilizado en el nivel en el que se enseña y posteriormente desechado en cuanto se termine el curso.
- Dificultades debidas a la ambivalencia de significados en distintos constructos asociados a la Tabla Periódica. El lenguaje es base fundamental de cualquier aprendizaje, es por ello que las palabras que se utilizan para enseñar este tema resultan confusas para los estudiantes. Sumado a que muchas veces los docentes no permiten una retribución entre profesor alumno, cerrando únicamente a una educación unilateral.
- Dificultades debidas a deficiencias en el proceso de enseñanza, ya que este tema suele ser repetitivo y poco innovador por lo que, resulta poco interesante o llamativo. Esto se observa en las evaluaciones que aplica el docente al estudiante, donde únicamente se hay preguntas cerradas la comparación entre átomos distintos o requiriendo que se enuncie la tendencia de una PP en un grupo/periodo particular.

También existen otras dificultades planteadas; Franco et al. (2015) enuncian que muchas veces la enseñanza de este tópico se basa en la comparación entre las características de elementos. Cuando se evalúa las preguntas se basan en únicamente comparar diferentes elementos y elegir uno de ellos, únicamente con un criterio de mayor o menor que. Lo que implica que el estudiante piense que la PP únicamente se da por su posición en la TP y no por otros fenómenos que le den un significado. Así mismo, múltiples autores (Lehman, Koran & Koran (1984), Agudelo, Marzábal & Izquierdo (2009)) mencionan que las dificultades pueden depender de la forma en la que se enseña el tema, que la memorística resulta ser la más frecuente. Esto quiere decir que, no sólo las dificultades dependen del estudiante, sino que también pueden tener un origen en la forma de enseñanza del docente.

Como se puede apreciar, son múltiples las dificultades que pueden presentarse en relación con este tópico, pero también existen otras que son particulares para cada una de las propiedades periódicas. Estas dificultades van relacionadas con las concepciones alternativas de los estudiantes, previas al tema. Por lo tanto, a continuación se presentarán algunas de estas, de manera general y sin profundizar en su origen/cambio, que son relevantes para el aprendizaje de dichas propiedades.

Energía de Ionización (EI)

Para esta propiedad, la definición puede resultar muy simple. Sin embargo, en este estudio nos apegamos a la siguiente, ya que contiene aspectos importantes:

“Es la energía mínima necesaria para retirar el electrón más externo de la capa de valencia de un átomo gaseoso y en estado basal. Como consecuencia se genera un ión con carga positiva dependiente del número de electrones retirados”

Esta definición fue obtenida de la bibliografía para alumnos sugerida en los planes de estudio CCH-UNAM (Garritz (2005), Chang (2010) y Atkins (2011)).

Abida (2018) marca como t3pico clave la energ3a de ionizaci3n para el entendimiento posterior a otros temas; siendo as3 que la compresi3n de este debe ser completa y tambi3n se debe desarrollar la capacidad de aplicarla para la predicci3n de comportamientos de las sustancias. Por ello, Tan (2005) plantea que esta propiedad resulta especialmente dif3cil para los estudiantes porque es una idea abstracta y requiere de comprender una interacci3n entre part3culas invisibles a un nivel at3mico. Esta dificultad hace que los estudiantes busquen una alternativa que compagine con sus conocimientos previos dando como resultado las concepciones alternativas que se conocen. Las cuales se enlistan a continuaci3n en los cuatro grupos m3s relevantes (Tan (2005) y Tan (2009)):

- ❖ Regla del octeto, esta concepci3n alternativa se vio representada en la gran mayor3a de los estudiantes. Los estudiantes relacionan que los 3tomos generan una estabilidad al llegar a una configuraci3n de gas noble, modificando de manera directa el valor de la EI porque tiene una “estabilidad”. Es por ello, que al retirar un electr3n consideran que se pierde esa estabilidad lo que implica un coste alto de energ3a. En el caso contrario al tener electrones de m3s, la EI disminuye porque el 3tomo “busca” la estabilidad del octeto.
- ❖ Niveles de energ3a/orbital llenos y semi llenos; dentro de esta concepci3n hay una estrecha, pero no competitiva, relaci3n con la anterior. Esto es debido a que los estudiantes consideran que cuando existe un nivel de energ3a/orbital lleno, aumenta el valor de EI ya que el 3tomo se estabiliza cuando se llenan los orbitales. Caso contrario cuando hay un orbital semi lleno, ya que, es mucho m3s “sencillo” retirar los electrones hasta quedar en alg3n orbital lleno.
- ❖ Conservaci3n de la fuerza, esta concepci3n se presenta en gran cantidad en los estudiantes, debido a que consideran que la atracci3n de los electrones hacia el n3cleo aumenta solamente cuando se retira el primer electr3n, por lo que para retirar un segundo electr3n se aumenta la segunda EI. Hasta aqu3 la compresi3n es correcta pero la EI no se modifica a partir del

tercer electrón. Es decir, la EI será la misma sin importar el electrón que se retire. Y los estudiantes perciben que esta tendencia será periódica, no hay una correlación de la interacción entre electrones, si no, únicamente entre núcleo y los dos primeros electrones, dejando totalmente de lado fenómenos como el efecto de apantallamiento o la carga nuclear efectiva.

❖ Razonamiento causal, los estudiantes tienden a relacionar una única causa del cambio en la EI, la cual es el número de electrones extraídos. Es decir, no observan al sistema como un conjunto, si no como una serie de relaciones lineales donde existe una única causa para la variación y dicha causa dependerá de los átomos que se estén comparando en ese momento.

Por otro lado, Salame (2011) menciona que a partir de estas concepciones alternativas los estudiantes consideran demasiado compleja esta propiedad y es por ello que tienden a preferir la memorización únicamente de la tendencia como una explicación del fenómeno.

Radio Atómico (RA)

En este caso, el radio atómico tiene múltiples definiciones dependientes del modelo que se utilice en el aula. Por ello, nos apegamos a dos definiciones con dependencia en un modelo particular.

Modelo “unitario”:

“La distancia que existe entre el núcleo y el electrón en la capa más externa de un único átomo en estado gaseoso y basal.”

Modelo “covalente”

“La distancia media entre núcleos de dos átomos iguales con un enlace sencillo”

Ambas definiciones fueron obtenidas de la bibliografía para el alumno propuesta en el plan de estudios CCH-UNAM (Garriz (2005), Chang (2010) y Atkins (2011))

El radio atómico es una propiedad periódica contraintuitiva, ya que los estudiantes piensan que debe aumentar conforme aumenta el número atómico. Por ello, Salame (2011) dice que esta PP en particular resulta bastante compleja para los estudiantes, por lo que optan por una total memorización de la tendencia sin lograr una comprensión. De igual forma, reporta que el 80% de los estudiantes no logran dar una argumentación científica aceptable, dejando en claro que los alumnos usan el concepto sin comprenderlo. Sumado a todo esto, existen concepciones alternativas que entorpecen más la comprensión de los estudiantes. Necor (2018) enlista las siguientes como las más relevantes:

- ❖ El radio atómico aumenta siempre que la masa atómica aumente, esta idea se relaciona con fenómenos naturales y con los que conviven día a día los estudiantes. Es normal que en la vida diaria este aumento de masa se vea directamente relacionado con el aumento de tamaño, sin embargo, aquí se tendría que resaltar las características del sistema y cómo es que estas interaccionan entre sí.
- ❖ El radio atómico se ve disminuido cuando la energía de reacción del átomo disminuye es decir, la reactividad. Esta concepción va relacionada con la estabilidad del átomo. Siendo así que un elemento “menos reactivo” tendrá un radio menor.

Otros autores, como Çetin (2013), resaltan que estas concepciones si bien son inevitables, es necesario cambiarlas conforme el nivel educativo avanza. Con la finalidad de que los estudiantes tengan una comprensión profunda y completa del tema. Además, menciona otras concepciones relevantes para esta PP, las cuales son:

❖ Relación entre el radio atómico y los protones, los estudiantes consideran que el aumento de partículas elementales, tales como los protones, en un átomo conlleva al aumento del radio. Esta concepción está relacionada con aquella de la masa, la diferencia es que esta partícula en concreto es la que causa el aumento del radio.

❖ Relación entre radio atómico con el grupo y periodo, en este caso los estudiantes ven una relación directa entre el número de grupo y periodo, la cual repercute de manera directa en el tamaño del átomo. Esto es, cuando el elemento tiene un grupo y periodo mayor el tamaño aumentará de manera considerable.

Como observamos estas concepciones se relacionan una parte con fenómenos que los estudiantes observan a diario y otras con la tendencia a memorizar dichos conceptos. Lo que aparentemente, para los docentes, es un concepto fácil de enseñar, aunque al mismo tiempo es difícil de aprender para los estudiantes.

Electronegatividad (ENG)

De manera general, la electronegatividad tiene múltiples facetas. Sin embargo, en este trabajo la definición general será:

“Medida de la capacidad de un átomo para atraer electrones hacia sí mismo dentro de un enlace. Generando como consecuencia que uno de los átomos tome una carga parcial negativa y el otro una carga parcial positiva.”

Esta definición fue obtenida de la bibliografía de los planes de estudio UNAM-CCH (Sosa (2007), Garritz (2005) y Chang (2010)).

Nicoll (2001) hace énfasis en que este concepto resulta crucial para muchos otros temas dentro de la química. Siendo así que la comprensión, aplicación y argumentación, por parte de los estudiantes es necesaria. Más que concepciones

alternativas existen dificultades de aprendizaje. Nicoll (2001) y Necor (2018) enuncian algunas de estas dificultades y concepciones alternativas:

- ❖ Relación de electronegatividad con iones, aquí los estudiantes relacionan la ganancia del electrón cuando el átomo es un ion. Es decir, los estudiantes creen que cuando el átomo está cargado positivamente (catión) la electronegatividad tiene que aumentar porque atrae más a los electrones debido a su carga negativa.
- ❖ La electronegatividad aumentará cuando la masa aumenta, esta concepción alternativa puede ser dada por una relación de conceptos. En este caso con conceptos de física (Ley de gravitación universal).

En este caso, el número de concepciones es menor a las que se encuentran en las otras PP; pero siguen siendo igual de relevantes para el aprendizaje de los estudiantes; el problema es que al ser un concepto abstracto hace más difícil su comprensión.

Esta breve revisión de las dificultades y concepciones alternativas relacionadas con el aprendizaje de las propiedades periódicas, permite reconocer los elementos que se deben considerar en la preparación de estrategias de enseñanza; evitando la memorización y procurando una mejor comprensión de estas. Ya que en los planes de estudio los objetivos piden una profundidad mayor de aprendizaje para estos conceptos.

Expectativa de los planes de estudio

En los planes de estudio a nivel bachillerato este tópico resulta crucial desde el contexto dado, así como con ciertos objetivos relacionados a éste. Por ejemplo, los planes de estudio de la UNAM (2016), tanto de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) como del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), tienen como objetivos de aprendizaje y aplicación de este conocimiento en el contexto de la minería mexicana. Es por ello que se esperaría que, al abordar este tópico, el estudiante no solamente logre reconocer el tema o indicar la tendencia, si no que de igual forma pueda utilizar

dicho conocimiento para predecir o explicar otros fenómenos que se ven estrechamente relacionados. A continuación, se muestran los objetivos particulares de ambos planes de estudio:

Plan de estudios ENP (2016)

-Explicará las propiedades físicas y químicas de algunos elementos presentes en los dispositivos móviles, con base en el estudio de su estructura atómica, la información contenida en la tabla periódica y la modelización; para que reflexione sobre el impacto social y ambiental propiciado por la explotación de recursos naturales necesarios en su fabricación.

Plan de estudios CCH (2016)

-Reconoce algunos patrones y tendencias de las propiedades de los elementos químicos en la organización de la tabla periódica.
-Utiliza la serie de actividad y el conocimiento de las propiedades periódicas para predecir reacciones de desplazamiento entre metales y explicar la presencia de metales libres en la naturaleza.

Como se observa, ambos objetivos buscan la aplicación de las propiedades periódicas en un contexto posterior. Pero, la aplicación de estas únicamente está basada en la tendencia y no en establecer una relación entre la configuración electrónica, su estructura atómica y la reactividad química. También es importante mencionar que, en toda la literatura sugerida, la variación de estas propiedades periódicas tiene un enfoque mayoritario en la tendencia y poco énfasis en la composición estructural del átomo. Esto no quiere decir que no se aborde de esa forma, pero desde la perspectiva de este trabajo, en la energía de ionización es la única propiedad donde existe una relación entre la estructura atómica y el comportamiento de la propiedad con base en ella.

Por otro lado, en el plan de estudios se hace un énfasis en los modelos de Dalton, Bohr y el mecánico cuántico. En ese orden de relevancia, pero abordando el modelo de Bohr como una herramienta preferida para explicar la estructura y el cambio en las

propiedades (físicas y químicas) de los átomos. Por ello, puede resultar algo ambiguo y complejo para el docente al momento de enseñar, ya que no hay una búsqueda del porqué en los objetivos de aprendizaje, sino solamente el uso de las tendencias para predicción. Siendo así que el docente podría preferir una memorización de la tendencia debido a la contraposición de los objetivos con el abordaje esperado.

Argumentación: una herramienta de aprendizaje.

Como se menciona en la sección anterior, los planes de estudio están diseñados para que el estudiante aplique su conocimiento científico y prediga algunos fenómenos. Sin embargo, en el tema de PP resulta ser tan abstracto y tan complejo que, tanto los estudiantes como el docente, caen en otras formas de estudio ya mencionadas. Entonces, ¿qué se puede hacer?

Sí bien existen múltiples alternativas para que el estudiante desarrolle estas habilidades de pensamiento científico, una de las más completas resulta ser la **argumentación**. Múltiples autores dan su definición de qué es la argumentación pero todos coinciden en que la importancia de esta radica en que una buena argumentación es sinónimo de un buen aprendizaje (Toulmin (1990), Kuhn (1993), Nussbaum y Bendixen (2003)). Para Toulmin (1990) y Kuhn (1993) consideran que la argumentación permite desarrollar un pensamiento crítico, donde el individuo desarrolla habilidades de pensamiento que le permiten aplicar sus conocimientos. Por otro lado, para Nussbaum y Bendixen (2003), realzan la importancia de la argumentación centrada en el aprendizaje y pensamiento del conocimiento. A razón de tantas definiciones Boğar (2019) hace un análisis de todas estas, y sí bien es difícil llegar a una en concreto, para él la argumentación es un proceso de resolución y aplicación de conocimientos tanto en una perspectiva individual como social. Por otro lado, Akbaş (2021) dice que el proceso de argumentación requiere de un alto nivel de habilidades de pensamiento, ya que esto permitirá desarrollar el tema de una manera eficiente. Es aquí donde esta herramienta puede ser de gran utilidad para los estudiantes, ya que no solamente interviene un convencimiento entre diferentes

personas con diferentes puntos de vista, sino que también realiza un proceso de análisis crítico hacia sus conocimientos y la forma de usarlos para argumentar.

Es por ello que es necesario, que la argumentación se desarrolle de manera continua y guiada. Duschl & Osborne (2002) recalcan la importancia de la intervención docente para el desarrollo de la argumentación. Estos autores dicen que el acceso a la información actual de los estudiantes es bastante amplio, por lo que el desarrollo de habilidades de pensamiento, como la argumentación, permite a los estudiantes desarrollar habilidades cognitivas como el análisis, la síntesis y la evaluación. Esto resulta fundamental para lo que se busca en propiedades periódicas, porque los estudiantes deben ser capaces de analizar, predecir y aplicar este conocimiento en otros temas futuros. Aquí es donde todo cobra sentido, la argumentación no solamente queda como una herramienta de sustento de conocimiento entre estudiante-docente, sino también como una habilidad de introspección y conocimiento. Lo que da pauta a que el estudiante reconozca sus habilidades y errores bajo determinados tópicos, así como una profundización de los conceptos que va aprendiendo.

Sin embargo, el desarrollo de la argumentación resulta ser bastante difícil para ambas partes (estudiante y docente). Muchos estudios afirman que la argumentación requiere de ciertas habilidades de pensamiento, siendo una posible causa de la dificultad de argumentar. Entre ellos se encuentran: dificultad para establecer relaciones causa-efecto, no ser capaz de comprender el fenómeno en diferentes contextos, no lograr identificar los elementos relacionados con el fenómeno, no ser capaz de crear pensamientos alternativos, etc. (Hogan, 2000; Jiménez et al., 2000; Kuhn, 1991). Es por ello que puede llegar a ser complejo y demandante para el docente buscar el desarrollo de dichas habilidades, optando por dejarla de lado y centralizarse en únicamente respuestas concretas sin un argumento que lo sustente.

Argumentación en química.

La argumentación es una herramienta poderosa tanto para el estudiante como para el docente, ya que permite reconocer y observar cuáles conceptos han sido bien aprendidos. Por lo que el reflejo de la argumentación en química se vuelve fundamental.

Fischer (2014) menciona que la argumentación en ciencias, de manera general, muchas veces se ve focalizada en externalizar procesos y fenómenos científicos en un contexto social, lo que implica que se recurra a un razonamiento científico. Pero muchos estudios han encontrado que los estudiantes tienden a hacer afirmaciones sin una argumentación científica. Akbaş (2021) reafirma la importancia de esta idea al resaltar que, en la actualidad, el estudio de la ciencia es observado desde un ámbito social para la creación de conocimiento. Sin embargo, observar experimentos y resultados no es suficiente para dar afirmaciones sobre los fenómenos. Es necesario un proceso de argumentación para hacer posible la relación entre la evidencia y los conceptos científicos. Es aquí donde ponemos un punto clave, el estudiante debe reconocer el fenómeno, las posibles causas y sus efectos, y debe reconocer que es necesario un proceso de argumentación para integrarlo dentro de su red de conocimientos. Una vez integrados es más fácil para ellos analizarlos y aplicarlos en diferentes situaciones.

Colvin (2019) afirma que el uso de la argumentación dentro de la comunidad científica permite la construcción del aprendizaje, lo que es de suma importancia para cualquier disciplina, ya que de esa forma el estudiante no solamente tendrá la idea del concepto, si no que también sabrá porqué suceden los fenómenos y podrá contextualizarlos de diferentes formas. Por otro lado, un aspecto importante de la argumentación es que el estudiante logra crear oportunidades para organizar sus conocimientos y al mismo tiempo establecer conexiones entre el fenómeno y otros conceptos relacionados. Todo esto para crear un contexto que le dé sentido y aplicación al fenómeno estudiado. Por otra parte, Marzabal (2019) menciona lo siguiente:

“Las conexiones o relaciones específicas que establece el estudiante entre los conceptos y sus ideas son indicativo de un nivel sofisticado de razonamiento”

Lo anterior significa que mientras más relaciones, argumentaciones de cómo y porqué suceden las cosas, el estudiante logrará comprender de manera profunda el fenómeno.

Una forma de empezar con el uso de elementos argumentativos en el aula es a través de las justificaciones. La habilidad de construir justificaciones científicas acerca de las propiedades y comportamiento de un fenómeno natural es considerado un aspecto central en la enseñanza de la ciencia. Al construir justificaciones se espera que ayude al estudiante a encontrar el sentido de los fenómenos naturales, expresar su entendimiento y generar argumentos más persuasivos. (Talanquer, 2010) La generación de estos argumentos deja completamente de lado la necesidad del estudiante de memorizar conceptos o únicamente utilizarlos cuando le son necesarios. En química resulta especialmente fundamental el establecer relación entre conceptos, que en primera instancia le parecen completamente aislados al estudiante. Ya que, para esta ciencia en particular, resulta necesario el explicar cómo y porqué los fenómenos se presentan de una determinada forma. Pero ¿cómo se establecen esas relaciones entre conceptos?

Colvin (2019) muestra cuáles son las partes importantes para que una argumentación lleve a todo el proceso mental ya mencionado. Además desde una perspectiva causal, siendo más puntual y concreta. Entonces la argumentación consta de tres partes fundamentales:

- a) Afirmación, es la conclusión o el efecto. Este es el que va a ser sustentado por medio de la argumentación.
- b) Evidencia, todos aquellos conceptos o principios científicos y datos experimentales que pueden ayudar a comprobar la veracidad o la relación de la afirmación.
- c) **Razonamiento**, conexión entre la evidencia y la afirmación.

En este modelo Colvin (2019) llama evidencia al acervo conceptual que utiliza el estudiante para argumentar su conocimiento. A diferencia Toulmin (1990), que lo manera como una garantía. Sin embargo, para ambos casos las dos son fundamentales para establecer una relación causa-efecto.

Como observamos, aunque parecieran ser solamente tres partes sencillas, hay algo muy particular: **el razonamiento**.

Beneficios de la argumentación en el tema de Propiedades Periódicas

Como ya hemos revisado, dentro del tópico de PP la mayoría de docentes y estudiantes recurren a la memorización de la tendencia, quitando el cómo y porqué sucede el fenómeno. Como consecuencia se genera un aprendizaje sin bases para ser argumentado posteriormente.

Hacer que los estudiantes construyan explicaciones y argumentos es un objetivo clave en la educación científica, ya que requiere que el estudiante apoye su conocimiento científico con evidencia y razonamiento (Colvin, 2019). Lo anterior, permite que el estudiante comprenda y analice sus debilidades o fortalezas utilizando como medio la argumentación.

Aunque la argumentación es una herramienta que puede parecer eficaz, no permite la solución de todos los problemas. Pero es un muy buen comienzo para que el estudiante comience a profundizar sus conocimientos.

Razonamiento como sinónimo de aprendizaje

Como ya se dijo, uno de los elementos importantes dentro de la argumentación tiene que ver con la forma de razonar de los individuos. Es decir, existe una relación entre la argumentación y el **razonamiento**. El razonamiento es una idea difícil de definir; sin embargo, los docentes tratamos de fomentarla por su relación con el aprendizaje. Marzabal (2019) dice que las conexiones o relaciones específicas que se establecen entre los conceptos y las ideas son indicativo de un nivel de sofisticación de

razonamiento. Es decir, cuando un estudiante logra dar una argumentación con ciertas conexiones o relaciones entre conceptos, se puede decir que existe un razonamiento del tema y por lo tanto es posible hablar de un proceso mental más allá que la memorización. Por ello, la construcción de argumentos científicos genera un aprendizaje, es factible decir que el estudiante no sólo analiza, sino también razona y aprende los conocimientos que está utilizando (Colvin, 2019). Es por ello que como docentes resulta bastante fructífero el requerir una justificación dentro de cada pregunta.

Razonamiento en química.

La química es una disciplina científica que se ocupa de la estructura y el comportamiento de las sustancias. En esta disciplina, el razonamiento implica explorar el mecanismo que causa los fenómenos en un nivel macro y cómo puede ser explicado por las interacciones entre muchos átomos o moléculas, a nivel nano (Samon, 2019). El estudiante tiene que razonar los conocimientos desde dos perspectivas de niveles muy abstractos. Es decir, el desarrollar este razonamiento de los fenómenos a partir de ambas perspectivas muestra un aprendizaje aún más profundo, en comparación con un estudiante que sólo memoriza los tópicos necesarios.

Por otro lado, diversos autores están de acuerdo (Johnstone, 2000; Ramful, 2014, Talanquer, 2016; Bodner, 2000)) que en el aprendizaje de la química, el estudiante trabaja a tres niveles de pensamiento conocidos como:

- Macroscópico o tangible.
- Nanoscópico.
- Simbólico

La integración de estos tres niveles resulta importante para el estudiante, no solamente para entender el concepto, sino también para razonarlo y después aplicarlo en otros contextos. La integración de estos tres niveles le permite al estudiante hacer una correlación entre diferentes perspectivas de un mismo tópico.

Este proceso está estrechamente ligado con el razonamiento e integración de los conceptos a toda su red de conocimiento. Es por ello que, dentro de la química, el razonamiento resulta crucial en la comprensión de los temas.

Hablar de razonamiento en química resulta muy amplio, pero Sevian (2015) hizo una revisión de la literatura e indica que muchos investigadores evaluaron las formas en que los estudiantes resolvían los problemas en química, estudiando las pistas que tomaban de los problemas al abordar las soluciones, y los procesos de razonamiento que usaban para resolver los problemas. Se encontró que cada estudiante usaba principalmente uno de tres tipos de razonamiento:

- Razonamiento basado en casos
- Razonamiento basado en reglas
- Razonamiento basado en modelos

El razonamiento basado en casos se produjo cuando se utilizaron instancias específicas de las experiencias pasadas del estudiante para resolver el problema. En el razonamiento basado en reglas, se utilizaron varias reglas para deducir la solución. El razonamiento basado en modelos implicaba la construcción de modelos de las situaciones en un problema y el uso de estos modelos para resolver el problema.

Esto no significa que sean los únicos posibles razonamientos que se pueden encontrar en la química, existen otros que también son relevantes al momento de la resolución de problemas, por ejemplo: **razonamiento mecanístico**. El cual es de interés para este trabajo.

Sí bien el razonamiento mecanístico es un tema muy actual, en química se han realizado sólo unos pocos estudios, los cuales se resumen brevemente en la tabla 1.

Tabla 1. Investigaciones sobre razonamiento mecanístico en Química.

Autores	Descripción	Tema de química
Bhattacharyya et al. (2013)	Investigación sobre la existencia del razonamiento mecanístico sobre el movimiento de electrones en mecanismos de reacción.	Química orgánica, mecanismos de reacción
Robertson et al. (2015)	Investigación sobre la existencia del razonamiento mecanístico sobre las colisiones de partículas y el calor.	Termodinámica, cinética química
Langbeheim et al. (2015)	Investigación sobre cómo el razonamiento mecanístico permite que los estudiantes predigan el movimiento de partículas con base en el estado de agregación.	Termodinámica, estado de agregación, movimiento de partículas
Talanquer et al. (2016)	Investigación sobre la existencia del razonamiento mecanístico y la existencia de otros dependiendo de la pregunta.	Varios temas
Cooper et al. (2016)	Investigación sobre cómo el desarrollo del razonamiento mecanístico ayuda a los estudiantes a predecir y relacionar estructuras con reacciones ácido-base.	Química general, reacciones ácido-base, estructura de Lewis
Becker et al. (2016)	Investigación sobre la existencia del razonamiento mecanístico	Química general, interacciones

	de los estudiantes para argumentar la interacción intermolecular.	intermoleculares, fuerzas de dispersión de London
Caspari et al. (2018)	Investigación sobre la existencia del razonamiento mecanístico en la predicción y establecimiento del mecanismo de reacción en relación con la energía de activación.	Química orgánica, cinética química, mecanismos de reacción, energía de activación
Colvin et al. (2019)	Investigación enfocada en desarrollar el razonamiento mecanístico por medio de preguntas escalonadas y argumentación en propiedades físicas de la materia.	Química general, propiedades físicas, estados de agregación

Como se observa en la tabla anterior son diversos los temas enfocados en el razonamiento mecanístico (RM) en el área de Química. Por lo que es posible decir que el gran interés por la relación RM y química es debido a la abstracción de esta disciplina, además de que permite un análisis más profundo para la predicción y explicación de los fenómenos. Siendo así que se busca constantemente que el estudiante logre dar razones de porqué y cómo suceden las cosas, además de una aplicación en su vida diaria.

Razonamiento mecanístico

Diversos autores han dado su definición sobre lo que es el razonamiento mecanístico, entre ellos Howkin (2010). Él describe al razonamiento mecanístico como un sucesor del razonamiento causal, pero con la particularidad de que permite analizar todas las partes que relacionan la causa con su efecto.

Howkin (2010) indica que el único problema con su definición es que al analizar todas esas pequeñas partes se pueden encontrar algunas que no interfieren en la relación causa-efecto. Por otro lado, Russ (2008) plantea que no existe una definición formal del razonamiento mecanístico, pero que sí es posible identificar una serie de características particulares del mismo y que pueden identificarse dentro de una argumentación.

Aquí se muestran las características del razonamiento mecanístico dadas por Russ (2008):

- I.Descripción del fenómeno estudiado (DFE): cuando un alumno manifiesta o demuestra de manera clara el fenómeno particular.
- II.Identificación de las condiciones (IC): cuando un alumno identifica condiciones particulares en las cuales existe el fenómeno.
- III.Entidades involucradas (EI): reconocimiento de las características que definen al fenómeno.
- IV.Actividades de las entidades (AE): un estudiante que relaciona las acciones que llevan a cabo las entidades.
- V.Propiedades de las entidades (PE): identificar y distinguir las propiedades de las entidades que permitan el fenómeno científico.
- VI.Organización de las entidades (OE): capacidad de describir el acomodo de las entidades que causan el fenómeno.
- VII.Correlación de conceptos (RC): capacidad de relacionar los conceptos, tanto antes como después del fenómeno.
- VIII.Analogías (AG): es una clave que los estudiantes utilizan para ejemplificar el fenómeno con otra situación.
- IX.Modelos representados (MR): la representación gráfica del fenómeno.

Estas características son apreciables cuando un estudiante da una argumentación. Sí bien, puede ser que no aparezcan todas al mismo tiempo, el hecho de que algunas de ellas se presenten es indicativo de la existencia de este razonamiento. Es importante mencionar que no todas las características se pueden ver reflejadas dentro de las justificaciones; estas pueden ser adaptadas o eliminadas según el análisis y la temática.

Es decir, sí el tema no requiere de analogías para su justificación, este apartado no se considera. De la misma manera, muchos de ellos pueden ser visualizados en representaciones gráficas (OE) tales como dibujos, gráficos y bocetos del fenómeno, por lo que sí en un tema en específico es difícil realizar un dibujo este tópico no podrá verse de manera completa o se observará de manera parcial. (Ortega, 2020)

Por otra parte, Glennan (2002) hace un especial énfasis en una característica de las argumentaciones mecanísticas y es que el estudiante logre identificar las entidades que se involucran. Ya que, una vez identificadas, el estudiante puede ser capaz de relacionarlas con el sistema, su comportamiento y asignarles una importancia. Así mismo, esta red entre entidades y demás conceptos permite hacer una autorreflexión de su conocimiento.

Una vez establecidas las características del razonamiento mecanístico es posible encontrar diferencias fundamentales en los tipos de argumentación que pueden presentar los estudiantes. Por un lado, se encuentran las argumentaciones desde una visión causal, donde únicamente el estudiante es capaz de establecer una relación causa-efecto. Y por otro lado, las argumentaciones mecanísticas en las cuales el estudiante es capaz de relacionar diferentes conceptos entre sí con la finalidad de dar un porqué del fenómeno.

Sin embargo, puede surgir la duda de ¿cómo se relacionan las concepciones alternativas como una dificultad de aprendizaje con el razonamiento mecanístico? Bien, como se mencionó anteriormente el razonamiento mecanístico tiene una relación con la causalidad. En este sentido, Gutierrez (1992) menciona que la causalidad establece la existencia de una causa para todo. La aparición de las concepciones alternativas se da debido a esta constante búsqueda humana de causas, esta búsqueda tiene como base las creencias y experiencias de la persona. Es por ello que se puede relacionar las concepciones alternativas desde una perspectiva de dificultades de aprendizaje y de la misma forma relacionarlas con el razonamiento mecanístico, ya que ambos tienen una correspondencia con la causalidad.

Con todos los antecedentes presentados, ahora se plantea la pregunta de investigación que se busca contestar con este trabajo.

Pregunta de Investigación.

¿Cuál es el nivel de razonamiento mecanístico que tienen los estudiantes recién egresados de Bachillerato sobre el tema de periodicidad? También, ¿cuáles serían las dificultades de aprendizaje, relacionadas con las concepciones alternativas, más comunes de los estudiantes?

Objetivos.

✓ Objetivo General

Identificar si los estudiantes recién egresados de bachillerato elaboran justificaciones, en el tema de Periodicidad, en donde sea posible observar y determinar el nivel de razonamiento mecanístico. Esto a través de un cuestionario que requiera de una justificación para responder, presentando diferentes casos de periodicidad.

✓ Objetivos particulares

1. Delimitar los casos particulares de periodicidad.
2. Diseñar el cuestionario con ocho preguntas específicas que abarquen periodicidad, es decir cuatro preguntas por propiedad periódica. Las cuales son: radio atómico, energía de ionización y electronegatividad. Dichas preguntas requerirán de una justificación, la cual permitirá identificar el razonamiento mecanístico, así como otros razonamientos y deficiencias de aprendizaje.
3. Diseñar una rúbrica de evaluación, la cual se realizará bajo las características del razonamiento mecanístico con un enfoque en periodicidad y a su vez que permita identificar el nivel que tiene el estudiante del razonamiento mecanístico.
4. Identificar la existencia del razonamiento mecanístico en el sustento de sus respuestas.

Metodología.

Con la finalidad de encontrar si los estudiantes hacen uso del razonamiento mecanístico, así como el nivel de explicación utilizado, se utilizó un cuestionario cuyo enfoque está en el tópico de propiedades periódicas. Este fue diseñado con base en la tabla de características de propiedades periódicas y las propiedades abordadas a nivel bachillerato. El cuestionario cuenta con cuatro preguntas por cada propiedad periódica, dando un total de doce preguntas.

El cuestionario se muestra a continuación:

Tabla 2. Cuestionario

Energía de Ionización	
Describe qué es el Energía de Ionización y explica por qué esta propiedad varía entre los distintos elementos.	
¿Por qué consideras que dentro de un periodo la energía de ionización aumenta de izquierda a derecha?	
¿Por qué consideras que dentro de una familia la energía de ionización aumenta de abajo hacia arriba?	
Observa las siguientes energías de ionización y explica, ¿por qué consideras que la tercera energía de ionización del Aluminio es mayor que la del Indio si ambas son la tercera energía de ionización?	
$Al \rightarrow Al^{+1} + e^{-}$	$EI_1 = 577.5 \text{ kJ/mol}$
$Al^{+1} \rightarrow Al^{+2} + e^{-}$	$EI_2 = 1816.7 \text{ kJ/mol}$
$Al^{+2} \rightarrow Al^{+3} + e^{-}$	$EI_3 = 2744.8 \text{ kJ/mol}$
$In \rightarrow In^{+1} + e^{-}$	$EI_1 = 558.3 \text{ kJ/mol}$
$In^{+1} \rightarrow In^{+2} + e^{-}$	$EI_2 = 1820.7 \text{ kJ/mol}$
$In^{+2} \rightarrow In^{+3} + e^{-}$	$EI_3 = 2704.0 \text{ kJ/mol}$

Radio Atómico

Describe qué es el Radio Atómico y explica por qué esta propiedad varía entre los distintos elementos.

¿Por qué consideras que dentro de un periodo el radio atómico disminuye de izquierda a derecha?

¿Por qué consideras que a lo largo de una familia el radio atómico aumenta?

Observa los siguientes radios atómicos. Explica por qué consideras que existe esa variación de tamaño de radio.

Litio (Li)	RA = 157 pm
Flúor (F)	RA = 71 pm
Cesio (Cs)	RA = 272 pm

Electronegatividad

Describe qué es Electronegatividad y explica por qué esta propiedad varía entre los distintos elementos.

¿Por qué consideras que la tendencia de la electronegatividad aumenta de izquierda a derecha en un periodo?

¿Por qué consideras que la tendencia de la electronegatividad disminuye de arriba hacia abajo en una familia?

Observa los siguientes compuestos y determina cuál de los átomos sería el más electronegativo en cada caso.

SO

MgS

Respecto a la pregunta anterior, explica por qué consideras que esos son los átomos más electronegativos en dichos compuestos.

Dicho cuestionario fue aplicado utilizando la plataforma de Google Forms®, se obtuvieron un total de 48 respuestas de diversos grupos de bachillerato, pero con un único profesor. La evaluación de las preguntas se hará a través de una rúbrica, la cual está diseñada con base en los estudios de Marzabal (2019) y Ortega (2020). Esta herramienta nos permitirá encontrar las características del RM y asignarles un nivel de acuerdo a cada característica de este.

Dado que no es posible generalizar todas las propiedades, es importante mencionar que se diseñó una tabla de características de RM para cada propiedad periódica, ya que cada una tiene su propia tendencia y se espera la correlación entre conceptos variados.

En la siguiente tabla se describen los parámetros del RM y cómo se verían identificados en las respuestas de cada propiedad periódica.

Tabla 3. Características de RM para radio atómico.

Característica del RM	Descripción
Descripción del fenómeno estudiado (DFE)	Es la explicación de lo que sucede en el fenómeno. Para este tópico en específico es apreciable ver una leve descripción enfocada en el fenómeno, la cual tendría una estructura similar a la siguiente: " El radio atómico es la distancia entre... "
Identificación de condiciones (IC)	Para esta parte es importante resaltar que no existe una condición temporal, se tiende a favorecer una condición de acción. Los chicos implementan aquellas razones por las cuales hay un cambio en la propiedad, pero no hacen referencia a un antes y después. Ejemplo: "Al llevarse a cabo el cambio en el radio atómico, es necesario saber que existe un aumento de electrones... " Como se observa habla de una condición de cambio en el radio debido al aumento o disminución del número de electrones.
Entidades involucradas (EI)	Menciona partículas/estados que se involucran de manera directa con el fenómeno y se encuentran dentro de DFE. Las entidades son aquellas que se verán afectadas para dar paso al fenómeno, para este caso en particular las entidades que resaltan son átomos, moléculas, electrones, protones, neutrones, etc. Esta característica también permite observar de manera superficial cuáles son los errores conceptuales de los estudiantes en el tema.

<p>Actividades de las entidades (AE)</p>	<p>La entidad tiene acciones específicas para llevar a cabo el fenómeno planteado. En este caso, es necesario plantear que toda acción/cambio que realice una entidad será una actividad específica. Estas pueden ser particulares como también el conjunto de todas las actividades generales del sistema. Pueden ser mencionadas de manera directa o indirecta en relación con la descripción de la causa.</p> <p>Ejemplo: "La disminución del radio atómico muchas veces se ve relacionada con una disminución en el número de electrones en el átomo"</p> <p>Aquí, las entidades (electrones) cambian en cantidad y su acción, en consecuencia es el cambio del radio atómico.</p>
<p>Propiedades de las entidades (PE)</p>	<p>Las propiedades son aquellas características específicas de cada entidad y también del sistema. Para este caso, las propiedades del sistema será el tamaño del radio atómico. En el caso de las entidades será el cambio en el número de partículas que componen el átomo, así como aquellas fuerzas que se relacionen con el fenómeno. Ejemplo:</p> <p>"Cuando hablamos de un átomo con menor radio atómico hablamos de un aumento en la atracción del núcleo a los electrones"</p>
<p>Organización de las entidades (OE)</p>	<p>Aquí hay mención de la estructura que tiene el fenómeno descrito, en particular un acomodo espacial de cada una de las entidades. Esto puede hablarnos de como se relaciona el lugar donde se encuentran dichas entidades y su afección al sistema después del fenómeno. Ejemplo: "Los electrones que están más cerca del núcleo se ven mayormente atraídos que otros más lejanos"</p>

Correlación de conceptos (RC)	Menciona conceptos anteriores, posteriores o al nivel del que se está dando el tópico. Esta característica en particular permite observar cuáles serán los conceptos utilizados para explicar el desarrollo del fenómeno. Ejemplo: "Los electrones en niveles de energía mayores se ven menos atraídos al núcleo debido a que existe un efecto de apantallamiento , ya que, están más lejos y el efecto es mayor"
Analogías (AG)	Hace referencia a alguna actividad del día a día. En este caso la referencia más directa suele ser la acumulación de capas de electrones. Ejemplo: "... sucede como con las cebollas, mientras más capas más grande es... "
Modelos representados (MR)	La mención directa del modelo utilizado o las particularidades de ellos para identificarlos.

Tabla 4. Características de RM para energía de ionización.

Característica del RM	Descripción
Descripción del fenómeno estudiado (DFE)	Es la explicación de lo que sucede en el fenómeno. Para este tópico en específico es apreciable ver una leve descripción enfocada en el fenómeno, la cual tendría una estructura similar a la siguiente: " La energía de ionización es la energía que se necesita para retirar un electrón de un átomo y formar un ión... "

Identificación de condiciones (IC)	<p>Para esta parte es importante resaltar que no existe una condición temporal, se tiende a favorecer una condición de acción. Es decir, los estudiantes implementan aquellas razones por las cuales hay un cambio en la propiedad, pero no hacen referencia a un antes y después. Ejemplo:</p> <p>"Cuando se retira un electrón del átomo, es necesario saber que es necesario un cambio de energía para extraer ese electrón..." Como se observa habla de una condición energética y espacial, por la extracción del electrón y el uso de energía para retirarlo, siendo este condicional a la ionización del átomo.</p>
Entidades involucradas (EI)	<p>Menciona partículas/estados que se involucran de manera directa con el fenómeno y se encuentran dentro de DFE. Las entidades son aquellas que se verán afectadas para dar paso al fenómeno, para este caso en particular las entidades que resaltan son átomos, moléculas, electrones, protones, neutrones, etc. Esta característica también permite observar de manera superficial cuales son los errores conceptuales de los estudiantes en el tema.</p>
Actividades de las entidades (AE)	<p>La entidad tiene acciones específicas para llevar a cabo el fenómeno planteado. En este caso, es necesario plantear que toda acción/cambio que realice una entidad será una actividad específica, tanto particulares como también el conjunto de todas dará actividades generales del sistema. Pueden ser mencionadas de manera directa o indirecta en relación con la descripción de la causa. Ejemplo: "El cambio de energía de un átomo al extraer un electrón trae como consecuencia..."</p>

Propiedades de las entidades (PE)	Las propiedades son aquellas características específicas de cada entidad y también del sistema. Para este caso, las propiedades del sistema será la energía necesaria para extraer electrones. Por ejemplo, en las entidades será el cambio en el número de partículas que componen el átomo, así como aquellas fuerzas que se relacionen con el fenómeno. Ejemplo: "Cuando retiramos un electrón de un átomo, es necesario cierta cantidad de energía para el primero y cambiará si hay una segunda ionización "
Organización de las entidades (OE)	Aquí hay mención de la estructura que tiene el fenómeno descrito, en particular un acomodo espacial de cada una de las entidades. Esto habla de cómo se relaciona el lugar donde se encuentran dichas entidades y su influencia en el sistema después del fenómeno. Ejemplo: "Los electrones que están más cerca del núcleo se ven mayormente atraídos que otros, es por ello por lo que cambiará la energía necesaria para extraerlo "
Correlación de conceptos (RC)	Menciona conceptos anteriores, posteriores o al nivel del que se está impartiendo el tópico. Esta característica en particular permite observar cuáles serán los conceptos utilizados para explicar el desarrollo del fenómeno. Ejemplo: "Los electrones en niveles de energía mayores se ven menos atraídos al núcleo debido a que existe un efecto de apantallamiento "
Analogías (AG)	Hace referencia a alguna actividad del día a día. En este caso la referencia más directa suele ser el cambio de energía dependiendo de la situación, ya sea en la variación de elementos o dependiendo del electrón a retirar. Ejemplo: "La energía de ionización dependerá de que tan sujeto esté

	el electrón, por ejemplo cuando juegas cebollitas y se abrazan, el que abraza más fuerte al otro le costará sacarlo de la fila"
Modelos representados (MR)	La mención directa del modelo utilizado o las particularidades de ellos para identificarlos.

Tabla 5. Características de RM para electronegatividad.

Característica del RM	Descripción
Descripción del fenómeno estudiado (DFE)	Es la explicación de lo que sucede en el fenómeno. Para este tópico en específico es apreciable ver una leve descripción enfocada en el fenómeno, la cual tendría una estructura similar a la siguiente: " La electronegatividad es el fenómeno donde uno de los átomos atrae los electrones dentro de un enlace... "
Identificación de condiciones (IC)	Para esta parte es importante resaltar que sí existe una condición temporal, ya que debe haber un previo de formación de enlace y también se tiende a favorecer una condición de acción. Es decir, los estudiantes implementan aquellas razones por las cuales hay un cambio en la propiedad, pero no hacen referencia a un antes y después. Ejemplo: " Cuando se forma un enlace entre dos átomos, existe uno de ellos que tiende a atraer hacia sí los electrones del enlace..."
Entidades involucradas (EI)	Menciona partículas/estados que se involucran de manera directa con el fenómeno y se encuentran dentro de DFE. Las entidades son aquellas que se verán afectadas para dar paso al fenómeno, para este caso en particular las entidades que resaltan son átomos, moléculas, electrones, enlace, etc. Esta característica también permite observar de manera superficial cuales son los errores conceptuales de los estudiantes en el tema.

<p>Actividades de las entidades (AE)</p>	<p>La entidad tiene acciones específicas para llevar a cabo el fenómeno planteado. En este caso, es necesario plantear que toda acción/cambio que realice una entidad será una actividad específica, tanto particulares como también el conjunto de todas dará actividades generales del sistema. Pueden ser mencionadas de manera directa o indirecta en relación con la descripción de la causa. Ejemplo: "La formación del enlace en dos átomos muchas veces se puede dar debido a la diferencia de electronegatividad entre ambos átomos uno atrayendo más a los electrones que otro"</p>
<p>Propiedades de las entidades (PE)</p>	<p>Las propiedades son aquellas características específicas de cada entidad y también del sistema. Para este caso, las propiedades del sistema será la atracción de los electrones por parte de uno de los átomos. En el caso de las entidades será la desviación de los electrones hacia uno de los átomos. Ejemplo: "Cuando se forma un enlace, uno de los átomos tiende a atraer hacia sí los electrones"</p>
<p>Organización de las entidades (OE)</p>	<p>Aquí hay mención de la estructura que tiene el fenómeno descrito, en particular un acomodo espacial de cada una de las entidades. Esto puede hablarnos de como se relaciona el lugar donde se encuentran dichas entidades y su afección al sistema después del fenómeno. Además, es importante mencionar que en esta característica estará la indicación de un enlace ya formado dentro de la estructura. Ejemplo: "Los electrones que están más atraídos por uno de los átomos, indica que este es más electronegativo. Ya que, una vez formado el enlace los atrae"</p>

Correlación de conceptos (RC)	Menciona conceptos anteriores, posteriores o al nivel del que se está dando el tópico. Esta característica en particular permite observar cuáles serán los conceptos utilizados para explicar el desarrollo del fenómeno. Ejemplo: "Los electrones de enlace son aquellos que se ven atraídos por alguno de los átomos que tenga mayor electronegatividad "
Analogía (AG)	Hace referencia a alguna actividad del día a día. En este caso la referencia más directa suele ser el cambio de energía dependiendo de la situación, en el enlace de elementos que se establece. Ejemplo: "La electronegatividad es como cuando estableces un convenio, pero pides más dinero que el otro comerciante"
Modelos representados (MR)	La mención directa del modelo utilizado o las particularidades de ellos para identificarlos.

A continuación se muestran las rúbricas de evaluación para cada propiedad.

Tabla 6. Rúbrica de evaluación para radio atómico.

Característica del RM	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Descripción del fenómeno estudiado (DFE)	No hay argumentación/respuesta o no hay esta característica.	No hace una descripción de la propiedad y solamente se le menciona. En específico se reconoce a la propiedad pero no se desarrolla.	Describe el fenómeno estableciendo un cambio dependiendo de una entidad en específico. Sin embargo, no ahonda en cómo es que esta entidad afecta al fenómeno.	Existe una descripción de la propiedad, hace referencia a alguno de los dos tipos de radio, ya sea el covalente o el modelo unitario y cómo es que este puede variar. Se puede describir cómo en cada caso se toman las medidas del radio atómico.

<p>Identificación de condiciones (IC)</p>	<p>No hay argumentación/respuesta o no hay esta característica.</p>	<p>Menciona una única condición y es que haya un enlace entre dos núcleos. O que el electrón sea el más lejano del núcleo. Para la variación, solamente menciona que hay un aumento de electrones/masa.</p>	<p>Expone como condiciones particulares la existencia núcleo-electrón y como el cambio de la interacción hace que la propiedad varíe. Otra condición puede ser la masa/cambio de la masa, aquí es importante mencionar que el estudiante solo elige una de las dos condiciones planteadas.</p>	<p>Menciona las condiciones necesarias para que se lleve a cabo el fenómeno. Establece la condición del estado de agregación y el aislamiento de un átomo cuando el modelo es el unitario. En el caso del modelo covalente los átomos tienen que ser iguales. Se menciona el aumento de electrones, protones y neutrones, así como otros efectos que la modifican (carga nuclear efectiva y efecto de apantallamiento).</p>
---	---	---	--	---

<p>Entidades involucradas (EI)</p>	<p>No hay argumentación/respuesta o no hay esta característica.</p>	<p>Hace referencia de las entidades, pero no las menciona de manera directa. Además, la única entidad resaltada es el átomo/núcleo.</p>	<p>Las entidades mencionadas son los electrones y su relación con el núcleo. Las utiliza como medio de relación entre la variación de la propiedad respecto al elemento. No relaciona esta entidad con otras más.</p>	<p>Establece y menciona las entidades involucradas, las esenciales: electrones, protones, neutrones y núcleos. De ahí dependerá del modelo que haga referencia, si es un modelo unitario añadirá niveles de energía y si menciona el modelo de radio covalente añadirá moléculas y núcleos. Todas las entidades se ven relacionadas entre sí y ayudan a explicar el fenómeno.</p>
------------------------------------	---	---	---	--

<p>Actividades de las Entidades (AE)</p>	<p>No hay argumentación/respuesta o no hay esta característica.</p>	<p>Al hacer referencia de las entidades no menciona las actividades o únicamente hace referencia a las siguientes dos: "aumenta" o "disminuye"</p>	<p>Menciona la existencia de una acción de algún entidad. Para este caso las actividades están enfocadas en los electrones, estas son: aumento/disminución de la cantidad de electrones y estas se relacionan directamente con el tamaño del átomo.</p>	<p>Menciona las actividades de cada una de las entidades. Las actividades principales son desarrolladas desde el enfoque de aumento o disminución del número de electrones y protones. También menciona como actividad el acomodo de estos en niveles energéticos para dar como consecuencia el aumento/disminución del radio.</p>
<p>Propiedades de las Entidades (PE)</p>	<p>No hay argumentación/respuesta o no hay esta característica.</p>	<p>No menciona las propiedades de las entidades de manera directa y partículas. La única propiedad que es</p>	<p>Menciona una propiedad por cada entidad. La principal propiedad mencionada es de manera general al</p>	<p>Aquí resaltan propiedades parecidas al anterior, pero es importante mencionar que una de las más</p>

		mencionada es el tamaño.	sistema, donde existe una atracción de cargas, es decir contiene propiedades electromagnéticas.	relevantes es la capacidad de atracción del núcleo hacia los electrones. Por otro lado, hace referencia a que tan afín resulta el átomo con sus electrones y como esto influye en el cambio del radio atómico. Hace referencia a que el aumento de cargas (electrones) directamente aumenta el tamaño del átomo.
Organización de las Entidades (OE)	No hay argumentación/respuesta o no hay esta característica.	No hace relación a una organización, únicamente a la estructural donde el átomo es un núcleo y sus electrones.	La organización puede ser la combinación entre dos tipos. La primera es estructural, aunque esta es poco desarrollada, plantea	Persisten las dos organizaciones. La estructural hace referencia directa a cómo se observa el fenómeno, dependiendo

			<p>cómo se observa el átomo en esta propiedad. Primero establece un átomo aislado, con un centro y los electrones alrededor de él, cabe mencionar que el estudiante no menciona al núcleo como entidad. La segunda es la organización argumentativa, comienza con mencionar a la propiedad de la que habla, seguido de las entidades que se ven involucradas y termina indicando un porqué</p>	<p>del modelo a utilizar. Pero, de manera general, lo establece como el núcleo en el centro, rodeado de electrones diferentes entre sí, donde la diferencia es qué tan cerca están del núcleo, la diferencia se establece dependiendo de la capa/ nivel de energía que se encuentre y como la cercanía de unos con el núcleo infiere en los otros más lejanos. La otra organización es en la estructura de la pregunta, comienza mencionando la propiedad periódica, su</p>
--	--	--	--	---

			centralizado en las entidades no en la propiedad.	descripción y comienza a explicar por qué mencionando las entidades involucradas, sus propiedades y como influyen en el sistema/fenómeno.
Correlación de conceptos (RC)	No hay argumentación/respuesta o no hay esta característica.	No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.	Menciona conceptos, pero no los relaciona de una manera coherente con su explicación o son utilizados como argumentación directa. El concepto más mencionado es el número atómico, lo menciona como una variación directa del radio atómico cuando este cambia.	Menciona conceptos diferentes y los relaciona con el fenómeno. Resaltan dos conceptos importantes, la carga nuclear efectiva, seguida del efecto de apantallamiento. Los relaciona con la variación directa del aumento/disminución del radio atómico.

Analogía (AG)	No hay argumentación/respuesta o no hay esta característica.	Existe una pequeña referencia del fenómeno como algo enfocado en su vida diaria, pero no lo utiliza para argumentar en la misma línea.	La analogía se refiere únicamente al modelo pero ejemplificado en otro ámbito. Aquí únicamente hace referencia a la existencia de capas y a una esfera.	Utiliza una analogía del modelo para explicar, plantea de manera física como se observa el fenómeno con ayuda de ejemplos de la vida cotidiana. Aquí el estudiante hace una referencia directa a las capas de electrones en el átomo y lo ejemplifican como una "cebolla".
Modelos representados (MR)	No hay argumentación/respuesta o no hay esta característica.	Dentro de su respuesta no hace mención del modelo de manera directa, pero tiene algunas referencias que dan un indicio.	El modelo se ve relacionado con niveles de energía (capas) donde los electrones giran alrededor del núcleo. Da unos primeros indicios del	Menciona directa o indirectamente el modelo, las partes que lo componen y los cambios que tienen a lo largo del fenómeno. Apelan a él como una

			modelo de Bohr. Así mismo el modelo es utilizado como una misma justificación de que el sistema varíe.	representación y no como una justificación de este. Además, el modelo directamente relacionado es el modelo de Bohr, hace énfasis en los niveles energéticos rodeando al núcleo.
--	--	--	--	--

Tabla 7. Rúbrica de evaluación para energía de ionización.

Característica del RM	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Descripción del fenómeno estudiado (DFE)	No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.	Existe una descripción poco profunda de la propiedad o previa a la misma, solamente la relaciona con el acto de extraer electrones de un átomo. No menciona más allá.	Describe el fenómeno de manera general, logra establecer un antes y un después, haciendo referencia como la extracción de los electrones y la energía modifican el sistema.	Existe una descripción profunda de la propiedad, hace relación entre las condiciones establecidas para que se desarrolle el fenómeno y las consecuencias después de la extracción de un electrón. Además, indica las variaciones de energía en relación con el núcleo y otros conceptos.
Identificación de	No utiliza más conceptos para explicar lo que	Establece una única condición para que se dé la extracción del electrón.	Expone como condiciones particulares la	Menciona todas las condiciones necesarias para que se lleve a cabo el

condiciones (IC)	sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.	No hay más condiciones para que el fenómeno se lleve a cabo.	extracción de electrones y el uso de energía para ello, otra condición puede ser la distancia entre el núcleo y los electrones. También menciona el estado de agregación, pero no da ninguna explicación.	fenómeno. Comienza con el requerimiento de una energía externa como un condicionante para la extracción del electrón. Relaciona, como segunda condición, el estado de agregación del átomo y a veces explica por qué sería necesario. Además, establece un antes y después del sistema, junto con la variación de estas condiciones.
Entidades involucradas (EI)	No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la	Establece como entidades particulares a la energía y electrones. Un ejemplo es mencionar únicamente a los electrones y la energía.	Establece como entidades importantes a los electrones, la energía y el átomo/núcleo. Por lo regular se ve	Establece y menciona las entidades esenciales involucradas: electrones, protones, neutrones y núcleo. Añade los niveles de energía y la atracción

	tendencia/propiedad como el concepto.	Ocasionalmente menciona al átomo, pero no lo identifica como una entidad.	que el orden es el siguiente,: energía, electrones y al final los átomos. Aquí conecta todas las entidades para su explicación.	electromagnética. Esos últimos se introducen aquí ya que se hace mención de la variación de la propiedad y su inferencia en la misma.
Actividades de las Entidades (AE)	No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.	Al hacer referencia de las entidades no menciona las actividades o únicamente hace referencia a las siguientes: "retirar", "quitar", etc.	Las entidades tienen acciones establecidas, pero enmarca de manera principal a la acción de retirar los electrones, añade que la energía es el medio necesario para modificar al átomo. Cabe mencionar que se establece una relación entre la	Las entidades tienen acciones definidas y enunciadas: -electrones, movimiento/extracción - energía, modificar el átomo. Otra de las actividades es que el núcleo modifica su interacción con los electrones después de la primera extracción. Cuando se incluyen los niveles de energía estos tienen como

			energía usada y el átomo.	actividad el apantallamiento hacia el núcleo.
Propiedades de las Entidades (PE)	No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.	No menciona las propiedades de las entidades de manera directa. La única propiedad que es mencionada es la variación de la energía.	La entidad que más resalta con su propiedad es el átomo, hace referencia a que la propiedad del sistema (átomo) debe ser que es eléctricamente neutro. Se sigue mencionando que la otra propiedad es la variación de la energía respecto a qué electrón se está extrayendo.	Resaltan propiedades parecidas al anterior, pero dando mayor importancia a las siguientes: 1. Electroneutralidad del átomo y el cambio a un átomo cargado, 2. Estado de agregación del átomo, 3. Variación de la energía dependiente el electrón retirado. Debe relacionar las tres para estructurar el porqué del fenómeno.

<p>Organización de las Entidades (OE)</p>	<p>No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.</p>	<p>Existe una organización espacial del átomo, donde hay un núcleo central y los electrones alrededor, donde este se extrae. Pero esta visualización es de manera puntual.</p>	<p>Se exponen ambas organizaciones, pero la que más resalta es la organización que tiene la redacción. Comienza diciendo que la energía es necesaria para la extracción y finaliza mencionando al átomo neutro. Además, dentro de la argumentación se ve una descripción del fenómeno de manera física, indica que el núcleo es el punto central, se rodea de electrones aislados y hay una energía</p>	<p>Persisten las dos organizaciones. La estructura espacial, comienza centralizando y aislando un único átomo. Sigue mencionando la energía como algo externo al sistema que viene a interactuar con él. Cuando se da la interacción hay una modificación en el átomo (en términos de cargas) y hace referencia con la segunda interacción de la energía con el sistema. La otra organización es en la estructura de la pregunta, comienza mencionando la propiedad periódica, su descripción y comienza a</p>
---	--	--	---	--

			externa que interviene en el sistema.	explicar por qué mencionando las entidades involucradas, sus propiedades y como influyen en el sistema/fenómeno.
Correlación de conceptos (RC)	No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.	Hace referencia a un único concepto el cual es la energía, pero no lo utiliza para argumentar.	Menciona conceptos, pero no los relaciona de una manera coherente con su explicación o son utilizados como argumentación directa. Entre los conceptos más mencionados son niveles de energía y la descripción de la	Menciona conceptos diferentes y los relaciona con el fenómeno. Resaltan dos conceptos importantes, el primero es la carga nuclear efectiva y es seguida del efecto de apantallamiento. Los utilizan para argumentar por qué varían las tendencias, sumado a esto en ocasiones logran relacionarlo con el radio atómico.

			atracción por cargas.	
Analogía (AG)	No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.	Existe una pequeña referencia del fenómeno como algo enfocado en su vida diaria, pero no lo utiliza para argumentar en la misma línea.	La analogía se refiere únicamente al modelo, pero ejemplificado en otro ámbito. Existen múltiples analogías, pero es importante mencionar que se observa el electrón de manera aislada.	Utiliza una analogía del modelo para explicar, plantea de manera física como se observa el fenómeno con ayuda de ejemplos de la vida cotidiana. Aquí el estudiante hace una referencia directa a cómo es que algunos electrones afectan qué tanto se atrae a los electrones más lejanos. Aquí la analogía más común es mencionar que no alcanzan a ver a sus amigos por la cantidad de gente que hay entre ellos.

<p>Modelos representados (MR)</p>	<p>No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.</p>	<p>No se menciona directamente el modelo, pero hace una referencia de manera indirecta mencionando niveles de energía, pero no más allá.</p>	<p>El modelo se ve relacionado con niveles de energía (capas) donde los electrones giran alrededor del núcleo. Da unos primeros indicios del modelo de Bohr. Así mismo el modelo es utilizado como una misma justificación de que el sistema varíe.</p>	<p>Menciona directa o indirectamente el modelo, las partes que lo componen y los cambios que tienen a lo largo del fenómeno. Apelan a él como una representación y no como una justificación de este. Además, el modelo directamente relacionado es el modelo de Bohr, hace énfasis en los niveles energéticos rodeando al núcleo y aumentando o disminuyendo la energía necesaria.</p>
-----------------------------------	--	--	---	---

Tabla 8. Rúbrica de evaluación para electronegatividad.

Característica del RM	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Descripción del fenómeno estudiado (DFE)	No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.	No hace una descripción de la propiedad y solamente se le menciona. En específico se reconoce a la propiedad, pero no se desarrolla.	Describe el fenómeno estableciendo la atracción de electrones puntuales hacia el átomo. Se centra en la atracción del átomo pero aislado. No profundiza más allá.	Existe una descripción de la propiedad, describe que es lo que sucede con el fenómeno. Comienza mencionando cómo es la propiedad y al final establece una condición importante que es la compartición de electrones entre átomos diferentes.
Identificación de condiciones (IC)	No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en	No menciona las condiciones, únicamente hace mención del fenómeno y su tendencia.	Expone que el átomo/núcleo interacciona con los electrones, siendo esta la única	Menciona las condiciones necesarias para que se lleve a cabo el fenómeno. Establece como condición importante la existencia del

	mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.		condición establecida.	enlace para que se lleve a cabo el fenómeno. Añade la existencia de otro átomo distinto que es aquel que dona sus electrones. También menciona el porqué uno de los dos átomos tiene mayor atracción, estableciendo como condiciones la cantidad de protones, electrones, etc.
Entidades involucrados (EI)	No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.	Hace referencia de las entidades, pero no las menciona de manera directa. Además, la única entidad resaltada es el electrón/átomo.	Las entidades mencionadas son los electrones y los átomos. Menciona la interacción entre ambos y no profundiza en el porqué existe dicha interacción.	Establece y menciona las entidades involucradas, las esenciales: electrones y átomos . Añade que los átomos pueden ser distintos por lo que se pueden identificar como dos entidades distintas, dando como resultado las

				características del fenómeno.
Actividades de las Entidades (AE)	No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.	Al hacer referencia de las entidades no menciona las actividades o únicamente hace referencia a la siguiente: "atrae electrones"	Menciona la existencia de una acción de alguna entidad. Para este caso las actividades están enfocadas en los átomos debido a que estos atraerán a los electrones. Un ejemplo es: " El átomo (E1) atrae al electrón (E2) haciendo que este se desplace hacia el primero ".	Menciona las actividades de cada una de las entidades. Aquí hay dos actividades principales resaltadas, la inicial es que el átomo (E1) establece un enlace con otro átomo (E2). La segunda es el movimiento dado hacia alguno de los dos átomos.

<p>Propiedades de las Entidades (PE)</p>	<p>No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.</p>	<p>No menciona las propiedades de las entidades de forma particular. La única propiedad que es mencionada es la atracción de electrones.</p>	<p>Puede mencionar una propiedad por cada entidad. La principal propiedad mencionada es del átomo donde este ejerce una desviación del tipo electromagnética sobre los electrones. Hace énfasis en la variación de cargas para atraer más o menos electrones.</p>	<p>Menciona las propiedades de cada entidad y establece propiedades particulares importantes. La primera es donde los electrones deben estar dentro del enlace, cambia de ser puntuales a más como una densidad. La segunda propiedad es la capacidad de atracción de alguno de los dos átomos, donde uno de los dos tenga mayor capacidad de atracción que el otro. Así mismo la tercera es que cambia la forma estructural del compuesto debido al movimiento de las cargas.</p>
--	--	---	---	---

<p>Organización de las Entidades (OE)</p>	<p>No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.</p>	<p>No hace relación a una organización, la única estructura es una respuesta sencilla y sin profundidad.</p>	<p>La organización puede ser la combinación entre dos tipos. La primera es estructural, aunque esta es poco desarrollada, hace un establecimiento del cómo se observa el átomo en esta propiedad. Establece un átomo aislado y un electrón puntual dentro de ese espacio. Estos interaccionan únicamente cuando el átomo comienza a atraerlo hacia sí. La segunda es la</p>	<p>Persisten las dos organizaciones. La estructural hace referencia directa a cómo se observa el fenómeno. Comienza por establecer a dos átomos unidos y dentro de esa unión hay una migración de electrones y una modificación de la forma del compuesto. La otra organización es en la estructura de la justificación, comienza mencionando la propiedad periódica, su descripción y comienza a explicar por qué mencionando las entidades involucradas, sus</p>
---	--	--	---	--

			<p>organización argumentativa, comienza con mencionar a la propiedad de la que habla, seguido de las entidades que se ven involucradas y termina indicando un porqué centralizado en las entidades no en la propiedad.</p>	<p>propiedades y como influyen en el sistema/fenómeno.</p>
<p>Correlación de conceptos (RC)</p>	<p>No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.</p>	<p>No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia.</p>	<p>Menciona conceptos pero no los relaciona de una manera coherente con su explicación o son utilizados como argumentación directa. El concepto</p>	<p>Menciona conceptos diferentes y los relaciona con el fenómeno. Resaltan dos conceptos importantes, la carga nuclear efectiva y el efecto de apantallamiento. Los relaciona con las entidades y la variación</p>

			más mencionado es la atracción eléctrica entre cargas.	directa del aumento/disminución de la atracción de electrones.
Analogía (AG)	No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.	Existe una pequeña referencia del fenómeno como algo enfocado en su vida diaria, pero no lo utiliza para argumentar en la misma línea.	La analogía se refiere únicamente al modelo pero ejemplificado en otro ámbito. Aquí únicamente hace referencia a la existencia de una esfera con poder de atracción hacia cargas puntuales.	Utiliza una analogía del modelo para explicar, plantea de manera física como se observa el fenómeno con ayuda de ejemplos de la vida cotidiana. Hace una referencia directa a donde se cambia la forma del compuesto, una ejemplificación sería cuando se aprieta un globo lleno de agua modificando la forma del globo.

<p>Modelos representados (MR)</p>	<p>No utiliza más conceptos para explicar lo que sucede y se centra únicamente en mencionar la tendencia/propiedad como el concepto.</p>	<p>Dentro de su respuesta no hace mención del modelo de manera directa pero tiene algunas referencias que dan un indicio.</p>	<p>El modelo se ve relacionado con niveles de energía (capas) donde los electrones giran alrededor del núcleo. Da unos primeros indicios del modelo de Bohr. Así mismo el modelo es utilizado como una misma justificación de que el sistema varíe.</p>	<p>Menciona directa o indirectamente el modelo, las partes que lo componen y los cambios que tienen a lo largo del fenómeno. Apelan a él como una representación y no como una justificación de este. Además, el modelo directamente relacionado es el modelo Mecánico Cuántico donde hay una modificación en la densidad que rodea a los átomos cuando uno de los dos tiene mayor electronegatividad.</p>
-----------------------------------	--	---	---	--

Resultados y análisis de resultados

Los resultados se mostrarán por pregunta, ya que cada una se enfoca en las tendencias y particularidades de cada propiedad periódica. Se presenta también una tabla que indica el porcentaje de cada nivel encontrado por característica. Este último es obtenido con base en la repetición del nivel por característica sobre un total de 48 respuestas. Ejemplo: Para la primera respuesta, el nivel I de DFE se repite 18 veces, por lo que el porcentaje que le corresponde será de 36.73 %.

Las tablas de porcentajes con características constan de tres partes:

- a) Características: son los componentes del RM. Los cuales serán representados por sus siglas, tanto en la tabla como en el análisis de resultados.
- b) Nivel: es el nivel asignado respecto a las rúbricas presentadas previamente.
- c) Porcentaje: es la relación de la repetición de ese nivel sobre un total de 48 respuestas.

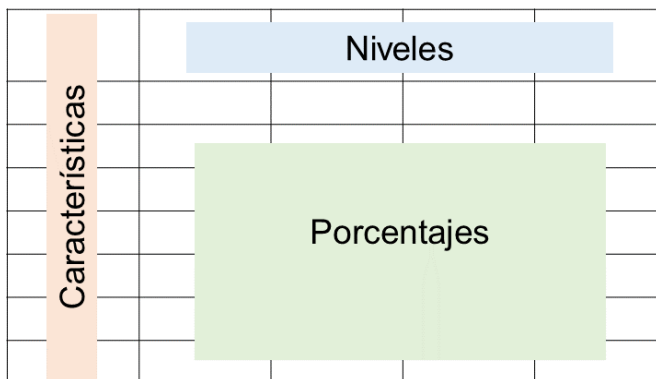


Ilustración 1. Distribución de las tablas de resultados.

Energía de Ionización (EI)

Pregunta 1. Describe qué es la Energía de Ionización y explica por qué esta propiedad varía entre los distintos elementos.

Sí bien esta pregunta pide de manera explícita una descripción sobre la propiedad mencionada, no excluye la existencia de las otras propiedades dentro de su respuesta. En particular el estilo de esta pregunta está enfocada en qué tanto conoce el estudiante esta propiedad, sus características y porqué su variabilidad de manera general, es decir sin indicar una tendencia en específico.

Tabla 9. Resultados de la pregunta 1 de EI.

Característica	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
DFE	0	36.73	53.06	10.21	100
IC	2.04	44.9	44.9	8.16	100
EI	0	61.22	28.57	10.21	100
AE	0	61.23	32.65	6.12	100
PE	0	61.23	34.69	4.08	100
OE	10.2	71.43	16.33	2.04	100
RC	18.37	32.65	42.86	6.12	100
AG	100	0	0	0	100
MR	10.2	65.31	20.41	4.08	100

De manera general, es posible observar, en la tabla 9, que la mayoría de los estudiantes se encuentran entre el nivel 1 y nivel 2. Eso indica que, sí bien conocen la propiedad y la pueden describir, su argumentación sobre el porqué de la variabilidad está únicamente enfocada en usar la tendencia como mismo argumento. Ejemplo de esto se aprecia en la siguiente respuesta: *“Es la energía necesaria para separar un electrón en su estado fundamental de un átomo de un elemento en estado gaseoso.*

En un grupo disminuye de arriba hacia abajo ya que aumenta el tamaño del átomo y en un periodo aumenta de izquierda a derecha ya que aumenta la carga nuclear efectiva”

Se puede apreciar que, si bien dan una descripción acertada de la propiedad, únicamente mencionan la tendencia como una causa de la variación entre diferentes átomos.

Para comenzar, la primera característica (DFE, descripción del fenómeno) tiene un 53.06% de estudiantes en el nivel 2 y 36.27% en el nivel 1. Es apreciable que la mayoría de los alumnos varían entre estos dos niveles. Esto puede ser debido a que sí hacen una breve descripción del fenómeno, sin embargo, muchos de ellos omiten ciertas características importantes del sistema. Ejemplo de ello el estado de agregación. Lo anterior se ve reflejado en la segunda característica (IC, entidades características), ya que el porcentaje del nivel 1 y el nivel 2 son muy parecidos, además de mayoritarios. Indicando que no se establecen las condiciones necesarias para que el fenómeno se lleve a cabo (el nivel 1). Para el caso del nivel 2, las únicas dos condiciones que se mencionan no se relacionan completamente con el porqué son necesarias, aunque sean mencionadas. Ejemplo de ello es que refieren al estado de agregación, pero sin indicar el porqué sería necesario. Lo anterior se ve ejemplificado en la siguiente respuesta:

“La energía de ionización es la energía que se necesita para separar un electrón de su estado fundamental en un átomo de un elemento gaseoso y varía por qué depende del tamaño del átomo lo que hará que sea más fácil remover un electrón.”

En el caso de la tercera característica (EI, entidades involucradas) observamos un descenso en el nivel 2, y un aumento del nivel 1. Debido a que las únicas entidades mencionadas son los electrones y la energía, Esto da como resultado el aumento del nivel 1. No se establecen más entidades ni una relación entre ellas, este nivel se incrementa cuando el estudiante da una respuesta de memorización. El 61.22% de los alumnos menciona estas entidades como parte de una respuesta pre-armada y con un patrón muy notable en las siguientes características. El patrón se rompe en el 10.21% de estudiantes que están en el nivel 3, ya que no únicamente mencionan

dichas entidades, también añaden otras más y cada una establece una relación directa con la que mencionará posteriormente en su respuesta, además de añadir una en particular que es el acomodo de los electrones en capas de valencia. Lo cual denota el modelo utilizado, esto se analizará más adelante, en la característica de MR.

Ejemplo:

“Energía mínima necesaria para que un átomo neutro en estado gaseoso y en estado electrónico fundamental, ceda un electrón de su capa de valencia y de lugar a un ion monopositivo, también en estado gaseoso fundamental...” “

En relación con la característica anterior, viene AE (actividad de las entidades), la cual conserva un porcentaje muy parecido. Esto sucede porque estas características están muy relacionadas. Para este caso en el nivel 1, con 61.23%, los estudiantes establecen una única actividad de las entidades, la cual es la extracción del electrón. Sin embargo, el 6.12%, que se encuentran en un nivel 3, establece esa y más actividades por cada entidad mencionada. Relacionan estas actividades de manera concatenada, ejemplo de ello es establecer un antes y después de la carga del átomo posterior a la extracción del electrón.

Así mismo para PE (propiedades de las entidades), se sigue conservando un 61.22% en el nivel 1, siendo la única propiedad la variación de la energía dependiente del elemento que se esté hablando. Es decir, establece que cada átomo tendrá su energía de ionización particular, pero no ahonda más allá o relaciona por qué hay una variación. En cambio, el 4.08% que se encuentra en nivel 3 establece múltiples propiedades por cada entidad mencionada y propiedades generales del sistema. Esto se aprecia cuando establecen la variación de energía, pero no sólo dependiendo del átomo, si no también dependiente del número de electrones que se encuentran en el átomo y así mismo establecen la electroneutralidad del átomo con su cambio a un sistema cargado. Ejemplo:

*“Energía mínima necesaria par que un átomo neutro en estado gaseoso y en estado **electrónico fundamental**, ceda un electrón de su capa de valencia y de lugar a un ion monopositivo, también en estado gaseoso fundamental.*

*Esta propiedad varia entre los elementos, debido al número de capas de electrones que posee cada uno, pues la energía de ionización aumenta, **cuando los electrones de la ultima capa están mas cerca del núcleo, y cada elemento posee distinto numero de capas de electrones.** “*

En la última característica relacionada con entidades, OE (organización de las entidades), se muestra una organización tanto estructural del sistema como una estructura en el argumento. El 71.43% de la población estudiada se encuentra en el nivel 1, debido a que la única organización que se presenta en la respuesta es la del sistema. Ejemplifica al sistema como un núcleo central y los electrones en sus alrededores, pero no más. En cambio, el 2.04% de alumnos tienen dos organizaciones, la primera es una estructural del sistema dependiente del modelo que estén utilizando. Pero con la particularidad de ser un átomo central y aislado, con una interacción con algo externo (energía) para establecer el cambio de carga del átomo. La segunda organización se observa en la forma de escritura, esta se ve porque comienzan mencionando la propiedad, su descripción con un porqué se da esto, acude a las entidades relacionadas, sus actividades y propiedades para dar el contexto con su influencia en el sistema.

Para el caso de RC (correlación de conceptos), la mayoría de los estudiantes se encuentra entre los niveles 1 y 2. Ya que en estos casos los conceptos relacionados son la propiedad de la que se está hablando y la atracción de cargas respectivamente. Por otro lado, el 6.12% incluye estos conceptos, pero acude también a otros para explicar el fenómeno, aquí es donde sale a relucir dos conceptos importantes que muchas veces se omiten o se mencionan de manera indirecta. Los conceptos son: efecto de apantallamiento y carga nuclear efectiva, los cuales a nivel bachillerato son rara vez mencionados y si hay una memorización del concepto, tampoco se observan en la argumentación.

Ejemplo:

*“Es la energía necesaria para separar un electrón en su estado fundamental de un átomo de un elemento en estado gaseoso. **En un grupo disminuye de arriba hacia abajo porque aumenta el tamaño del átomo y es más fácil remover un electrón**”*

externo y aunque al aumentar el número atómico aumenta la atracción del núcleo sobre los electrones.”

Como se observa, no se menciona el concepto del efecto de apantallamiento pero se le describe dentro de la respuesta.

La única característica que no se observó fue la de analogías (AG), consideramos que se debe a lo abstracto del concepto, incluso para los docentes, y por tanto resulta muy complicado plantear algún tipo de analogía.

Para finalizar en MR (modelo representado), el 65.31% de los estudiantes está en el nivel 1 ya que en realidad no mencionan ningún modelo de manera directa, pero hacen referencia al modelo mencionando algunas de sus partes como son los niveles de energía. Por otro lado, el 4.08% sí logra un nivel 3 utilizando el modelo, ya sea el modelo de Bohr o el mecánico cuántico, como herramienta para ejemplificar al sistema y no como un argumento de este.

En relación con esto último, de manera general, los estudiantes plantean dos modelos

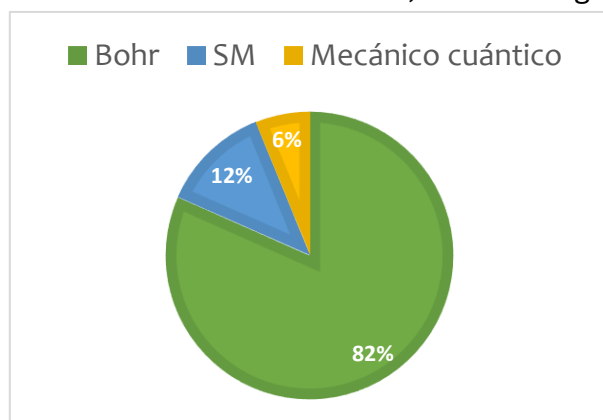


Ilustración 2. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 1 de E1.

para construir sus argumentos. La mayoría apela al modelo de Bohr como modelo principal de explicación. Esto puede ser debido a que es el modelo que la mayoría de los docentes enseña, porque es el que se indica en los planes de estudio. Por otra parte, un 12% de los alumnos no utiliza ningún modelo para su explicación. Así mismo el restante, 6% utiliza el modelo del tipo mecánico cuántico. Entre el modelo de Bohr y el mecánico cuántico es muy apreciable el cómo utilizan ciertas partes del modelo para argumentar. En el caso del primero hacen referencia a niveles de energía y órbitas, para el segundo mencionan directamente orbitales y nubes electrónicas (ilustración 2).

Ahora tomaremos una respuesta al azar para analizar:

“Es la energía que hay que suministrar a un átomo neutro, gaseoso y en estado fundamental, para arrancarle el electrón más débil retenido. La energía de ionización varía en sentido contrario a la variación del radio atómico. En un mismo periodo, la energía de ionización aumenta hacia la derecha, mientras que, en un mismo grupo, aumenta hacia arriba. En esencia, la energía de ionización aumenta hacia arriba y hacia la derecha.”

Analizaremos en orden de características, cuando nos enfocamos en DFE la respuesta es correcta si lo observamos desde una perspectiva evaluativa. Sin embargo, para esta característica es necesario plantear el antes y después del fenómeno descrito. Es por ello que el estudiante se queda en un nivel 2 de esta propiedad. Pasa lo mismo para las siguientes características, en el caso de IC, el estudiante establece las condiciones necesarias para que se lleve a cabo el fenómeno, pero no establece un porqué de estas condiciones y son meramente mencionadas porque en muchas fuentes se indican. Para las siguientes características, se sigue conservando el nivel 2. En el caso de EI, que se encuentra estrechamente relacionada con las siguientes características (AE, PE y OE), el estudiante menciona las entidades principales (energía, electrón, átomo), pero no indica otras entidades que muchas veces no se señalan en la literatura, pero con un razonamiento y conexión entre este tema y otros hace sentido, tales como nivel de energía/orbital, carga nuclear efectiva, apantallamiento, etc.

Partiendo de este nivel, se espera que en las siguientes características consiga un nivel igual o menor. Cuando hablamos de AE, las únicas actividades que logra mencionar el estudiante es la actividad del sistema, hablando de la extracción del electrón. No ahonda más allá en otras actividades que podrían tener las diferentes entidades que mencionó, eso sí, hace imprescindible el hecho de que el suministrar energía es el medio para obtener ese electrón. Por otra parte, en PE las propiedades a las cuales hace referencia son al átomo con su neutralidad. En este caso no se menciona la variabilidad de la energía dependiendo del electrón que se esté retirando. Así mismo, cuando pasamos a OE salen a relucir dos estructuras, la primera es en la forma de la respuesta, la cual consiste en mencionar en un inicio la energía para la

extracción y las características del átomo. Después viene la estructura del sistema, el átomo está de manera céntrica y hay un alrededor de electrones, pero en específico un electrón aislado que es el que se extrae. Sin embargo, ambas estructuras quedan muy por encima del de la correlación entre diferentes temas y únicamente utiliza la definición de la literatura. Ligado con esto sigue la otra característica, RC, esta permite hacer conexiones con otros conceptos. En particular, el estudiante menciona otro concepto que es el radio atómico para hacer relación de la variación. La particularidad es que solamente lo menciona y no explica el cómo es que una afecta a la otra. Es por ello por lo que, al mencionar otro concepto aparte del que se está hablando, pero sin relacionarlo de manera profunda o incluirla en la argumentación del porqué varia, solamente alcanza un nivel 2.

Para finalizar, en la característica de AG no hay ninguna analogía y es por ello por lo que se encuentra en un nivel 0. Así mismo en la última característica, MR, el estudiante en su respuesta no menciona directamente ningún modelo, pero hace pequeñas inferencias a él. Ejemplo de ella es mencionar la retención del electrón al átomo, enunciando de manera indirecta que se encuentra alejado del núcleo y en un extremo del átomo.

Para este ejemplo, si bien menciona brevemente el porqué de la variación, su único argumento es que existe una relación entre el radio atómico y la energía de ionización. Seguidamente indica cuál es la variación, esto muestra que hace uso de la memorización. Ya que enuncia una relación, pero sin explicarla y su argumento seguido es la tendencia como una misma explicación de las variaciones.

Es importante resaltar que, en este estudio, no se está evaluando si la respuesta es correcta o no. Por lo que, puede enunciarse una respuesta parcialmente incorrecta y aun así tener niveles de RM.

Pregunta 2. ¿Por qué consideras que dentro de un periodo la energía de ionización aumenta de izquierda a derecha?

Para esta pregunta no se espera una descripción del fenómeno, pero sí una breve descripción de cómo cambia el fenómeno, además de una argumentación del porqué existe esa variación. Como se observa en la pregunta, la tendencia ya se les indicó para evitar que los estudiantes la utilicen como argumento de la pregunta.

Tabla 10. Resultados obtenidos de la pregunta 2 de E1.

Característica	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
DFE	26.54	61.22	12.24	0	100
IC	14.29	53.06	32.65	0	100
EI	28.57	42.86	26.53	2.04	100
AE	36.73	40.82	22.45	0	100
PE	38.78	44.89	16.33	0	100
OE	38.78	57.14	4.08	0	100
RC	24.49	28.57	44.9	2.04	100
AG	100	0	0	0	100
MR	36.73	55.1	6.12	2.05	100

A grandes rasgos es posible observar, en la tabla 10, cómo decayó el nivel 3 en comparación con la pregunta anterior. Esto puede ser debido a que, al momento de quitarles la tendencia como una posible explicación, sus argumentos ya no sean tan fuertes para explicar el fenómeno. Sin embargo, también se observa que en este caso la mayoría de los estudiantes se quedan en un nivel 1. Donde es posible que identifiquen el fenómeno, pero su argumentación se basa en el mismo.

Para la primera característica DFE (descripción del fenómeno estudiado), el 61.22% de estudiantes se encuentran en el nivel 1, ya que sí logran identificar la propiedad, hacen una pequeña descripción de la propiedad, pero su única relación es con la extracción de electrones. Es decir, parece una respuesta basada en memorización debido a que la única descripción que dan es con base en lo que recuerdan de la propiedad y no más allá.

Por otra parte, la siguiente característica IC (identificación de condiciones) el 53.06% de estudiantes presentan un nivel 2. Esto indica que la única condición establecida para que el fenómeno se lleve a cabo es la extracción de los electrones. De nuevo, como se observa en la característica anterior está relacionada con la memorización del mero concepto, ya que no les permite identificar qué otras condiciones resultan necesarias a nivel entidades y a nivel sistema. También puede ser debido a la simplificación de la propiedad, el estudiante puede únicamente simplificar su respuesta basado en lo que se le está pidiendo y no ahondar más allá.

Ejemplo:

*“En un mismo periodo aumenta de izquierda a derecha porque al pasar de un elemento a otro, **los electrones están más atraídos por el núcleo y se necesita más energía para removerlo.**”*

Como podemos observar en este ejemplo, el estudiante únicamente hace alusión a una mayor atracción de electrones y como consecuencia un mayor requerimiento de energía para extraerlo. Siendo esto la única condición que establece para la variación de la energía de ionización.

En relación con las entidades necesarias para el sistema, la característica EI (entidades involucradas) aporta mucha información sobre esto. Aquí se encuentran el 42.86% de estudiantes en el nivel 1. Para este nivel, únicamente establece dos entidades importantes los electrones y la energía. Es decir, dentro de su argumento las únicas dos entidades relevantes que mencionan son esas dos, no logra identificar otras entidades del sistema. Sin embargo, para esta característica si se presenta un 2.04% dentro del nivel 3. Lo cual es apreciable porque menciona las entidades del nivel 1 y añaden algunas otras que son importantes, por ejemplo, los protones, el núcleo, el átomo o los niveles de energía. Así mismo ya se establece una relación de estas entidades con la variación de la propiedad.

De la mano con la anterior, la característica de AE (actividades de las entidades) establece las actividades que realizan dichas entidades. Es de esperarse que, si la mayoría de los estudiantes se encuentran en el nivel 1 para la característica anterior,

en esta la tendencia sea parecida. Es por ello, que la mayoría sigue quedándose en el nivel 1, el 40.82% de estudiantes siguen ese nivel. Esto es porque la única actividad identificada es la que realiza el electrón, la cuál es la extracción/retiro de este. De ahí el segundo mayor porcentaje corresponde al nivel 0, donde no existe esta característica. Es decir, puede haber estudiantes que sí identifiquen las entidades, pero no las actividades, ni siquiera la más básica que es la extracción de electrones. En la misma tendencia se encuentra la característica PE (propiedades de las entidades), donde el 44.89% de los estudiantes se encuentra en el nivel 1, y la única propiedad que se identifica es la variación de la energía, es decir, la energía asociada a la extracción es propia de cada electrón y dependerá de cuál electrón estén retirando, también sí hay extracciones de electrones subsecuentes. Por otro lado, el 16.33% se encuentra en un nivel 2, donde ahora existen dos propiedades, una enfocada en una entidad particular: el átomo y su propiedad de ser eléctricamente neutro. Seguido de la variabilidad de la energía por cada electrón. Cabe mencionar que se establece, de manera muy puntual, la relación entre ambas propiedades, haciendo énfasis en que una genera consecuencias en la otra.

Así mismo en la siguiente característica OE (organización de las entidades) el 57.14% sigue estando en un nivel 1. Para este nivel, únicamente se percibe una organización del tipo espacial, la forma de la escritura de la respuesta da a entender que el átomo es un punto aislado cuyo interior es el núcleo y alrededor se encuentran los electrones. Sin embargo, es de manera puntual y se hace referencia a las posibles representaciones en hoja de papel que se les muestran cuando se estudia el tema de modelos atómicos.

Para la siguiente característica RC (correlación de conceptos) el 44.9% de los alumnos se encuentran en un nivel 2. Aquí se ve un aumento de nivel el cual se debe a que los estudiantes mencionan conceptos nuevos como carga nuclear efectiva. Sin embargo, se indican únicamente sin establecer una relación o concordancia en su respuesta. Por otro lado, se aprecia un 2.04% en el nivel 3, esto muestra que dan conceptos no directamente relacionados con el tema, pero sí tienen una conexión con su explicación y establecen su relación con el fenómeno. Aquí es importante recalcar

que mencionan dos conceptos importantes como la carga nuclear efectiva y el efecto de apantallamiento. Siendo estos conceptos cruciales para su explicación del porqué de la variación.

Ejemplo:

“En el caso de los períodos, aumenta de izquierda a derecha pues aumenta la carga nuclear efectiva mientras el efecto de apantallamiento permanece constante y se incrementa gracias a la disminución del tamaño del átomo.”

En el caso de AG no hay aparición de analogías durante sus argumentaciones, esto puede ser debido a la abstracción del tema, siendo complejo para los estudiantes el recurrir a ellas.

Para finalizar en el caso de MR (modelos representados) el 55.1% se encuentra en nivel 1, donde no hay una mención directa del modelo y únicamente hace referencia a niveles de energía como parte de este. Por otro lado, 2.05% de los estudiantes se encuentran dentro del nivel 3, los cuales hacen referencia de un modelo en particular; la forma en la que lo hacen es recurrir a partes del modelo que les puede ayudar a explicar el porqué de la variación. Se aprecia mucho que hacen referencia al acomodo de los electrones en el modelo, ya sea usando niveles de energía u orbitales.

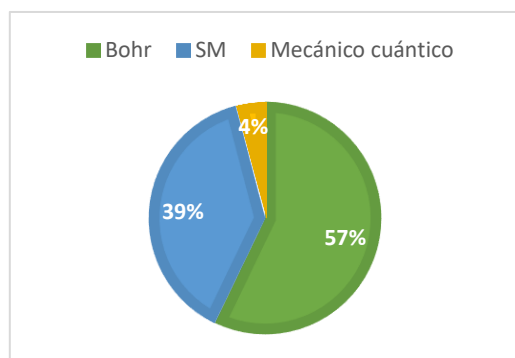


Ilustración 3. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 2 de EI.

Por último, la mayoría de los estudiantes hacen uso del modelo de Bohr para argumentar sus respuestas, esto es apreciable ya que un 57% de ellos lo utilizaron. Esto puede deberse a que es uno de los modelos que se ven en clase y además es el que utilizan la mayoría de los docentes para sus sesiones. Por otro lado, el 4% de estudiantes utilizan el modelo mecánico cuántico y se observa que hacen referencia a orbitales. En cambio, un

39% no utiliza ningún modelo para ejemplificar su argumento, puede ser debido a que no recuerdan ningún modelo o también no alcanzan a comprender ninguno (ilustración 3).

Ahora se analizará un ejemplo:

“En un mismo periodo aumenta de izquierda a derecha porque al pasar de un elemento a otro, los electrones están más atraídos por el núcleo y se necesita más energía para removerlo.”

Para comenzar, se observa que el estudiante hace una DFE (negritas) enfocada en el cambio de la propiedad dependiendo del movimiento en un periodo. Pero la descripción no profundiza más allá que la tendencia que ya se le mencionó en la pregunta, quedándose en un nivel 2; en donde identifica la variación del fenómeno y únicamente lo establece como la extracción de electrones. Además de relacionarlo con la variación de la energía dependiendo de qué tan atraído se ve hacia el núcleo, no hay una profundidad más allá.

Por otra parte, dentro de IC, esta respuesta se queda en un nivel 1; debido a que su única condición acerca del fenómeno es la extracción de los electrones. No establece una relación más allá de la variación. Esto se aprecia en la parte de “... y se *necesita más energía para removerlo*”, siendo esta la única condición para que la tendencia sea mayor conforme se avanza en un periodo. Podría interpretarse como que la atracción del núcleo sobre el electrón sea otra condición, pero no está como condición si no como una actividad (AE). En este sentido se pueden identificar otras cosas dentro de esa respuesta. Ejemplo de esto es las EI, para este argumento se alcanza un nivel 2, ya que menciona e identifica las entidades, pero son vistas de manera aislada del sistema y relaciona el cómo son estas entidades para inferir en la variación de la propiedad. Lo mismo sucede en AE, sólo se identifican dos actividades, la primera es la extracción de las entidades; la segunda habla sobre la actividad del átomo para hacer una variación de la energía. Es por ello que la atracción del núcleo y su estrecha relación con los cambios de energía necesaria se establecen como una actividad. Sin embargo, no menciona el cambio del sistema después de la primera extracción o la nueva interacción entre los electrones restantes y el núcleo, siendo así que el nivel de esta característica es 2.

Lo mismo sucede con PE, en este caso la propiedad que se menciona es la energía necesaria para extraer el electrón, es importante considerar que para cada átomo la energía va a ser diferente, así como si se consideran extracciones de diferentes

electrones. Debido a que este cambio es particular de cada sistema (átomo) recae en PE por ser una propiedad particular del mismo. Como se ve en la respuesta, no hay otras propiedades en alguna de las otras entidades mencionadas, siendo así que el nivel asignado es 1. Algo similar sucede con OE, la forma en la que está expresada la respuesta únicamente hace alusión a una organización espacial, donde hay un átomo aislado con su núcleo central y los electrones alrededor. Siendo una forma muy puntual de estructuración, dando como resultado un nivel 1.

Para las características RC y AG, ambas tienen un nivel 0. Con RC, no hay una relación de otros conceptos ni siquiera el de energía de ionización. Simplemente es energía, por ello se queda en un nivel 0. Algo similar sucede con AG, ya que no utiliza ningún tipo de analogía para argumentar.

Para finalizar, en MR no hace la mención de un modelo de manera directa o indirecta de su estructuración. Únicamente hace referencia a un núcleo centrado y electrones a su alrededor, dando como pequeños indicios de un modelo parecido al de Bohr. Es por ello que se queda en un nivel 1.

Pregunta 3. ¿Por qué consideras que dentro de una familia la energía de ionización aumenta de abajo hacia arriba?

Esta pregunta es muy similar a la anterior, el cambio que se hace es hacia la tendencia que se sigue ahora en la propiedad. El indicar las dos tendencias (en periodo y grupo) es con la finalidad de analizar cómo la explicación varía y la posibilidad de encontrar concepciones alternativas.

Tabla 11. Resultados obtenidos de la pregunta 3 de EI.

Característica	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
DFE	38.78	55.1	6.12	0	100
IC	12.24	71.43	16.33	0	100
EI	30.61	57.14	10.2	2.05	100
AE	40.82	51.02	8.16	0	100
PE	32.65	61.22	6.13	0	100
OE	36.73	61.23	2.04	0	100
RC	12.24	61.22	24.49	2.05	100
AG	100	0	0	0	100
MR	22.44	63.27	14.29	0	100

Para esta pregunta, aunque es parecida a la anterior, los porcentajes cambian de manera general (tabla 11). Como en la pregunta anterior, las respuestas se centran en el nivel 1 y después hay una variabilidad entre el nivel 0 y 2 de manera general.

En la primera característica, que es DFE (descripción del fenómeno estudiado), el 55.1% de estudiantes se encuentran en el nivel 1. Aquí se destaca que la descripción únicamente se basa en ver al fenómeno como el acto de extracción. No se establece una relación con la tendencia ni el cómo o porqué varía, lo que tendría que ser parte de la descripción. En el caso del 6.12% que alcanza un nivel 2, describen un antes y un después del sistema, además del cambio en relación con la tendencia que tiene. Aquí resalta que el antes y después establecido gira en torno a la carga del átomo y a las atracciones electroestáticas. Esto habla de algo importante, no solamente ven al fenómeno como un retiro de electrones sino que establecen cambios en el sistema como consecuencia del fenómeno.

En la siguiente característica IC (identificación de condiciones), resulta que 71.43% de estudiantes se ubica un nivel 1. De nuevo, la única condición establecida es la extracción del electrón. No se establece porqué este fenómeno necesita otras condiciones para llevarse a cabo, así mismo no hay relación con la variación de la

energía en esta tendencia. Es decir, no plantean alguna otra condición por la cual habría una variación entre periodos a lo largo de un grupo/familia. Por otro lado, sí bien el nivel 2 no es el nivel más alto, el 16.33% de estudiantes aquí expone más de una condición para que se lleve a cabo y además establece el cómo la variación se da a lo largo de un periodo. Usualmente estas condiciones tienen que ver con la estructura del átomo.

En el caso de EI (entidades involucradas), sigue estando una mayoría en el nivel 1 con un 57.14% de los estudiantes. Para el caso de este nivel, las entidades que se logran identificar son los electrones y la energía, siendo estas las principales. Sin embargo, son dichas sin una relación en la tendencia o solamente por descripción de esta. Es decir, el estudiante puede mencionarlas únicamente para decir que en ese sentido aumenta, pero no da una razón de porqué aumenta o disminuye la energía de ionización. No obstante, para esta característica sí existe un 2.05% de estudiantes en el nivel 3. Aquí los estudiantes mencionan las entidades básicas, pero también adicionan otras que son importantes, entre ellas se encuentra el núcleo, electrones, protones, niveles de energía/orbitales y la energía. Además, establece una relación entre dichas entidades y la variación de la propiedad dentro de un periodo. Ejemplo de ello es que los estudiantes relacionan el aumento de protones y electrones a lo largo de y en consecuencia el aumento de energía de ionización.

De la mano con la anterior característica, se encuentra AE (actividades de las entidades), aunque se esperaría que para esta y las siguientes características hubiera porcentajes parecidos, no es así. Aquí desaparece totalmente el nivel 3 y hay un aumento del casi 10% del nivel 0 respecto a EI, lo cual indica que no aparece esta característica. Para AE, el 51.02% de los estudiantes sigue en el nivel 1, en dicho nivel la única actividad establecida es que el electrón se retira, no hay otras actividades ni dadas por otras entidades ni por el sistema en conjunto. Por otro lado, en el nivel 2 se sigue enmarcando como actividad principal el retiro de electrones, pero añaden que el aplicarle la energía es el medio para ello. También se establece cómo es que esta energía varía dependiendo del átomo del que se esté hablando. Sí bien para este nivel

aún no establecen más actividades ya hay un indicio de la relación entre la tendencia y su variación entre periodos.

En el caso de PE (propiedades de las entidades) observamos porcentajes parecidos, solamente que en el nivel 1 hay un aumento de 10% respecto a la característica anterior. El 61.22% de estudiantes que se encuentran en nivel 1 plantean que la única propiedad es la energía. Esto es así porque la energía es una propiedad de la entidad “átomo”, como el sistema. Así mismo el electrón puede tener energía, y se plantea como la propiedad del electrón, ya que dependerá de este que se esté retirando. Es decir, no será la misma energía asociada a una primera ionización que a una cuarta ionización. En el caso de nivel 2, el 6.13% sigue mencionando la propiedad anterior tanto dependiente del electrón a extraer, como del átomo del que se esté hablando. Sin embargo, también aparece como propiedad la electroneutralidad del átomo previo a la extracción del electrón y el cambio de carga posterior del fenómeno de extracción. Aquí es posible identificar que el estudiante es capaz de dar propiedades a las entidades (electrones) y al sistema como una entidad (átomo).

Como última característica relacionada con las entidades, para OE (organización de las entidades) el mayor porcentaje se encuentra en el nivel 1, con un 61.23% este nivel habla únicamente de una organización dentro del sistema. En este caso de una estructuración de las entidades dentro del átomo, pero de manera puntual. Esto es muy apreciable cuando los estudiantes simplifican cómo se ve el sistema. Por ejemplo, dando características del átomo con un núcleo central y electrones alrededor, pero de manera plana. Así mismo el 2.04%, que se encuentran en el nivel 2, hacen una organización como la anterior y otra organización en la escritura de su argumento. Esta última tiene la particularidad de iniciar con que la energía es necesaria y finaliza mencionando al átomo que muchas veces es neutro. Esta organización resulta interesante para conocer cómo es que estructuran el sistema y el fenómeno.

En RC (correlación de conceptos), el 61.22% de estudiantes siguen en un nivel 1. Para este caso el único concepto al que acuden para dar su respuesta resulta ser el de

energía de ionización. Es decir, usan el mismo concepto (energía de ionización) para explicar la variación de la tendencia o la misma propiedad. Esto puede ser debido a que no logran conectar la variación o la propiedad con otros temas de química u otra asignatura. Sin embargo, aquí si existe un 2.05% que logra alcanzar un nivel 3. Siendo así que los conceptos que traen hacia sus argumentos pueden variar, pero de los más importantes son la carga nuclear efectiva y el efecto de apantallamiento. Que, si bien pueden o no mencionarlo de manera directa, es posible apreciarlo en la forma que describen sus respuestas. Aquí resulta importante, ya que el conocimiento de la propiedad no se queda meramente aislado, sino que el estudiante es capaz de conectarlo con otros conceptos resultando en una comprensión profunda del mismo. La característica de AG no se encontró en las respuestas.

Por último, en MR el 63.27% sigue encontrándose en un nivel 1. Lo cual indica que si bien no mencionan el modelo de manera directa, hacen referencias a él. Puede ser expresado por algunas partes que componen el modelo. En el caso de nivel 2, el 14.29% menciona los niveles de energía a veces como capas y cómo es que estas

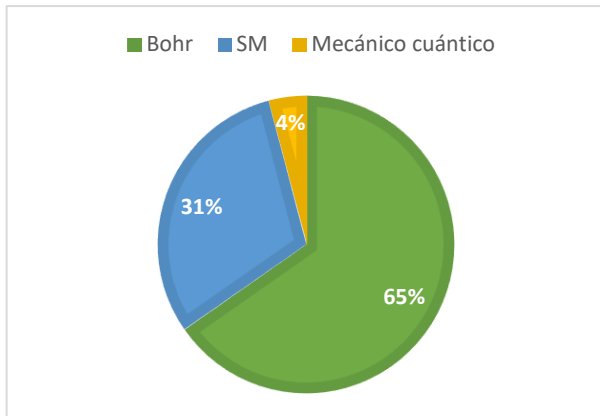


Ilustración 4. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 3 de EI.

interactúan con el átomo o como se ven acomodados en el átomo. Por otro lado, es apreciable el modelo que los estudiantes usan para esta pregunta. Un 65% de los estudiantes recurren al modelo de Bohr para dar sus explicaciones. Lo que es apreciable porque utilizan niveles de energía para acomodar los electrones o se refieren a

ellos como niveles cuánticos. Por otra parte, un 4% utiliza el modelo mecánico cuántico donde hacen referencia a los orbitales o densidades electrónicas para explicar sus argumentos. Así mismo el 31% no utiliza ningún modelo dentro de sus argumentos. Bien, en este caso los dos modelos presentados son aquellos que se abordan en el plan de estudios, aunque a posteriori únicamente se enfocan en el

modelo de Bohr. Aunque, el modelo cuántico se aborda solamente de manera representativa (ilustración 4).

Ahora analizaremos un ejemplo:

“Es porque la configuración de los electrones respecto a su núcleo positivo gana más estabilidad conforme más nubes electrónicas y protones en el núcleo existan, siendo los elementos mas estables los que tienen su configuración electrónica "completa".”

Comenzando con DFE, en esta respuesta el estudiante hace una descripción breve sobre el fenómeno y porqué se lleva a cabo. Únicamente se centra en la variación dependiente de la atracción de los electrones. Además, no establece un antes y después del sistema, esto se aprecia gracias a que no menciona en ningún momento el retirar electrones, siendo así que el nivel es 2. Por otra parte, en IC el estudiante establece como condición la atracción del electrón al núcleo. Como se aprecia en la respuesta se plantea que se gana una “estabilidad” debido a la cantidad de protones que están en el núcleo. Siendo así, no da una relación concreta de las condiciones y el fenómeno de retirar los electrones, por ello el nivel asignado es 2.

La siguiente característica EI tiene un nivel 3, el estudiante sí reconoce las propiedades (electrones, núcleo, protones y nubes electrónicas), además las relaciona entre ellas para dar su argumentación sobre el cambio. Por otro lado, en AE, únicamente se menciona como acción la atracción electromagnética entre el núcleo y los electrones, no hay más actividades de las otras entidades mencionadas. Por ejemplo, omite la actividad principal del fenómeno que es el retirar electrones, siendo de esa forma que el nivel es 2. Algo parecido sucede con la siguiente propiedad, PE, se menciona una propiedad por todo el sistema, la estabilidad del átomo debido a su configuración electrónica, de manera relacionada también menciona como propiedad de las entidades sus cargas que dan origen a la atracción entre ellos. Como no relaciona todas las propiedades de las entidades que menciona, se queda en un nivel 2.

De la mano con las anteriores, se encuentra OE, que de nuevo se queda en un nivel 2. Es posible apreciar dos tipos de organizaciones, la primera de redacción sigue la tendencia de escritura, descubriendo porqué varía la energía y finaliza hablando de la

neutralidad/estabilidad del átomo. Así mismo, la otra organización es de forma estructural, habla de un núcleo central rodeado de electrones aislados. En este caso nos dice que la organización se da por nubes electrónicas. Esto es crucial porque da paso a RC, se utilizan conceptos variados (nubes y configuración electrónicas) como conceptos relacionados para argumentar su respuesta. En este caso es necesario que los conceptos usados sean coherentes y lleven una secuencia lógica dentro de la argumentación, como lo indica el nivel es 3. Seguido de esto, al mencionar nubes electrónicas, hace referencia de manera indirecta a un modelo en específico (modelo cuántico), pero no lo usa como representación sino como una argumentación de este, ya que “estas nubes les da estabilidad”. De esa forma el nivel que alcanzaría es 2. Analizando la respuesta de estas preguntas, podemos observar que cuando se les pide argumentar de manera específica una tendencia, los estudiantes no alcanzan un nivel 3 de RM. Se quedan en explicaciones de nivel 1, las cuales únicamente hacen alusión a la misma tendencia como argumento del cambio.

Pregunta 4. Ionización del aluminio e indio

Respecto a esta pregunta, lejos de pedirles que expliquen la tendencia, se les dan especies reconocidas con sus datos correspondientes y se les pide expliquen la diferencia entre los valores de energía de ionización para ambas especies. La finalidad de esta y las preguntas parecidas subsecuentes es que los estudiantes logren explicar porqué estos cambios, pero de manera ya dirigida y no tan abstracta como las tendencias. Cabe mencionar que esta pregunta no se enfoca en que los estudiantes elijan el átomo de mayor energía de ionización, sino que, sabiendo ya cuál es, expliquen el porqué de las variaciones entre ambas energías de ionización. A continuación, se muestran los resultados:

Tabla 12. Resultados obtenidos de la pregunta 4 de EI.

Característica	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
DFE	59.19	34.69	4.08	2.04	100
IC	8.16	83.68	6.12	2.04	100
EI	51.02	38.78	8.16	2.04	100
AE	55.11	36.73	6.12	2.04	100
PE	59.19	34.69	4.08	2.04	100
OE	69.39	24.49	4.08	2.04	100
RC	22.45	53.06	16.33	8.16	100
AG	100	0	0	0	100
MR	79.59	8.16	10.21	2.04	100

En primera instancia observamos, en la tabla 12, que la mayoría de los estudiantes están en un nivel 0. Ya que no contestaron la pregunta o simplemente hacían referencia a cuál de los dos átomos es el de mayor energía de ionización. Aquí pueden existir dos causas del porqué no se contestó la pregunta, la primera es porque no se está acostumbrado a preguntar desde esa perspectiva de argumentación y por lo tanto los estudiantes no comprenden qué es lo que se les pide, en consecuencia, únicamente enuncian al átomo de mayor energía o a no contestar. La segunda causa es que los estudiantes no leen la pregunta. Y al no leerla, en consecuencia, las respuestas resultan erróneas o distan de lo que se pidió. En este caso no analizaremos el mayor porcentaje ya que se encuentra en el nivel 0 y este no tiene respuesta.

Para la primera característica DFE (descripción de fenómeno estudiado), el nivel 2 tiene un 4.08% de estudiantes. Para esta pregunta la descripción nos muestra cómo es la comparativa de ambos átomos. Además de cómo es que ambos tienen una diferencia en sus energías de ionización respectivas. Sin embargo, es meramente comparativo por qué tienen diferente energía de ionización, aunque sea la tercera energía de ionización en ambas. En cambio, en el 2.04% que se encuentra en el nivel 3 hace una descripción detallada del porqué hay una diferencia entre ambas energías,

además de describir cómo es que esta propiedad cambia debido a la estructura de los dos átomos que se ejemplificaron.

En el caso de IC (identificación de condiciones), un 2.04% alcanza el nivel 3. En dicho nivel establece las condiciones que son necesarias para que haya una diferencia. Los estudiantes mencionan como condiciones necesarias el cambio de número de protones y electrones. Otra condición es el aumento de niveles de energía/orbitales y esto da como consecuencia el cambio en la energía de ionización. Lo que resulta relevante porque, aunque parecieran condiciones muy generales, es importante recordar que en el bachillerato no se analizan, desde esta perspectiva, la variación de dichas propiedades y aún así algunos estudiantes lo alcanzan a relacionar, tal vez no con una perspectiva de razonamiento mecanístico, pero sí con un análisis de diferencias entre átomos.

Para EI (entidades involucradas), el 8.16% que se encuentra dentro de un nivel 2 no solamente menciona entidades importantes como el electrón o el átomo, también logra conectarlas entre sí. Sin embargo, el 2.04% integra todas las entidades que indica, las relaciona y utiliza para dar explicación al porqué hay diferencia entre ambas energías. Para esta pregunta resulta interesante que la entidad a la que mayormente acuden para explicar son los niveles de energía, sumado a que lo relacionan con la atracción nuclear hacia los electrones y el relacionar entre entidades denota una comprensión mayor de cómo funciona el sistema.

De la mano con la característica anterior, para el caso de AE (actividades de las entidades) que denota las actividades de cada entidad mencionada, el 6.12% se encuentra en un nivel 2. Cabe mencionar que la entidad básica que se menciona es la acción de los electrones al retirarse y la energía es el medio para poder extraerlo. Pero, para este nivel, únicamente se centra en la mención de esas únicas actividades y su relación de la energía dependiente del estado del átomo para esta pregunta. En el caso del 2.04% que se encuentra en el nivel 3, no solamente dan las actividades “básicas” por así llamarlo, también añaden otras que resultan importantes para su explicación. Ejemplo de esto es la interacción que se da entre el núcleo y los electrones después de extracciones consecutivas. Para este caso resulta crucial que

ese porcentaje de estudiantes sea capaz de relacionar las actividades particulares de cada entidad por átomo. Para este punto los estudiantes pueden asignar actividades a las entidades dependiendo del átomo que se esté hablando. Ejemplo de ello es cuando mencionan que el aumento de la energía de ionización (Actividad 1) en el aluminio es debido a la atracción del núcleo sobre los electrones (Actividad 2).

Para PE (propiedades de las entidades) el 4.08% alcanzó un nivel 2. Para esta pregunta la propiedad que fue más utilizada en este nivel es la variación de energía dependiente del electrón que se está retirando. En este caso, los estudiantes hacen particular énfasis en que al ser la tercera energía de ionización cambiaría la energía que se necesita para retirarlo. Además, da la propiedad de neutralidad al sistema y cómo esta neutralidad va variando conforme se retiran los electrones. En el caso del nivel 3, el 2.04% menciona esas dos propiedades y suma el estado de agregación o la atracción del núcleo con los electrones. La primera resulta ser un poco difícil de encontrar, pero en el caso de la segunda relaciona como es que esto va cambiando, dependiendo de la ausencia de más electrones, de igual forma el cambio de esta atracción núcleo-electrón dependiendo del átomo que se esté hablando. Es aquí y con esa característica que podemos observar cómo es que el estudiante analiza el sistema y sus cambios.

Para la última característica en relación con las entidades OE (organización de las entidades), se encuentra un 4.08% en el nivel 2. Siendo de nuevo una organización meramente puntual de la estructura del átomo, no hay consideración de una representación 3D si no únicamente algo plano. Aquí se aprecia que el estudiante solamente hace referencia a que su posición en la tabla periódica hace que varíe la energía de ionización. Para el nivel 3, el 2.04% tiene una organización de cómo es que el átomo está estructurado, aquí pasamos a una organización 3D. Donde se menciona que hay “interferencia” entre los electrones debido a que hay electrones más adentro del átomo que otros. Siendo así que cambia el tipo de organización de las entidades. Además, hay una organización en la forma de escritura de la respuesta. Donde empieza a describir la propiedad, seguido de cómo el sistema está estructurado y porqué es que hay esa variación. Siendo así que para esta pregunta presentan

organizaciones tanto de su forma de escribir el argumento como en su apreciación al átomo.

En el caso de RC (correlación de conceptos), el 8.16% de estudiantes alcanza el nivel 3, donde intervienen conceptos más allá del tema de propiedades periódicas. Los conceptos que resaltan en esta pregunta son: el efecto de apantallamiento, a veces se menciona de manera directa y otras de manera indirecta describiendo qué es lo significa. Este concepto resulta importante, porque, aunque esta pregunta es un caso particular, les permite a los estudiantes explicar posteriormente de manera general la tendencia en un grupo. Por otra parte, el segundo concepto es la carga nuclear efectiva, al igual que el efecto de apantallamiento, lo relacionan con la variación de la energía de manera directa, haciendo énfasis en que ambos conceptos son importantes para argumentar la variación en los grupos.

No se encontró la característica de AG en las respuestas.

Por último, en el caso de MR (modelos representados), el 2.04% llega a un nivel 3 utilizando al modelo como una herramienta de explicación del porqué cambian estas

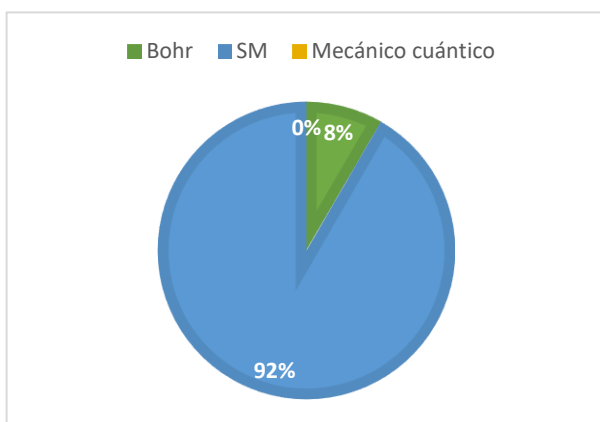


Ilustración 5. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 4 de EI.

energías de ionización. Así mismo, es reconocible cuál de los modelos es mayormente utilizado.

Como se puede apreciar, un 92% no utiliza un modelo para explicar cómo es que varían las energías de ionización. Por otro lado, el restante 8% utiliza el modelo de Bohr para explicar lo que sucede. Esto es debido a que resulta ser

el modelo mayormente abordado en el programa de estudios. También puede ser debido a las representaciones gráficas que se muestran en clase, aunque no mencionan a los orbitales, el acomodo en niveles de energía permite a los estudiantes relacionar los últimos dos conceptos mencionados (ilustración 5).

Para finalizar esta pregunta, analicemos una de las respuestas:

“Es porque la interacción entre el núcleo de aluminio y sus electrones tienen mayor fuerza de atracción entre sí, siendo más difíciles de extraer más electrones que en el caso del indio, pese a estar en el mismo grupo, está en un periodo mayor, por lo que su capa de electrones más externa está más lejos a comparación que la del aluminio.”

En primer plano, DFE tiene un nivel 3 ya que comienza dando una descripción profunda de cómo es que se desarrolla el fenómeno y establece una relación con las condiciones dadas. También da una relación dependiente del electrón que se esté retirando y cómo interactúan estos con el núcleo. Así mismo hace una comparación entre la estructura de los dos átomos y resalta las diferencias entre ellos para lograr identificar porqué la diferencia entre los valores de energía de ionización. De la mano con esta característica sigue IC, como ya se mencionó antes en esta respuesta se establece una relación entre las condiciones que se necesitan para que se establezcan las diferencias entre los dos átomos. Así mismo establece el antes. Es por ello que el nivel asignado para esta característica sería 3.

En la característica, EI, es posible observar las diferentes entidades necesarias para argumentar el fenómeno. Comienza indicando al núcleo y su relación con los electrones, mostrando que, aunque son entidades distintas tienen una interacción importante entre las dos. Después, aunque no menciona directamente al átomo como una entidad, sí los llama por su nombre de elementos haciendo de nuevo otra diferencia entre ambos que, si bien son sistemas distintos y se tiene la condición de tercera energía de ionización para los dos, la forma de interacción entre entidades es diferente. Esto nos lleva a decidir que el nivel para esta característica sería 3.

De la mano con la anterior característica, AE muestra aquellas actividades que realizan las entidades enunciadas. En un inicio la primera actividad que establece es la de extracción de electrones, que es la actividad necesaria para llevar a cabo el fenómeno. Después menciona la actividad del núcleo con electrones, que es la atracción entre ellos. Esto indica un nivel alto de comprensión, ya que, se logra establecer actividades e interacciones entre entidades y no solo entidad-sistema. Por otra parte, sí establece como va cambiando la energía de ionización respecto a qué

electrón se está retirando, siendo esta una actividad del sistema-entidad. Relacionando todo esto, podemos asignarle un nivel 3 a dicha característica.

Ahora, en PE es posible visualizar las propiedades. Primero, en la respuesta se establece como propiedad la fuerza electromagnética del sistema en general. Esto se aprecia muy bien cuando el estudiante dice que hay una atracción mayor de los electrones al núcleo. Como segunda propiedad enuncia las energías de los diferentes sistemas. Aquí no se menciona el estado de agregación como una propiedad del átomo, pero si menciona las capas electrónicas como propiedad del sistema. Es por ello que el nivel 3 sería el adecuado para dicha característica.

En el caso de OE, se deberían observar dos tipos de organización. La primera sería una organización de la escritura de la respuesta. La cual empieza mencionando la propiedad periódica, después su influencia en relación con las entidades necesarias y finaliza con un porqué utilizando a las entidades, además del comportamiento del sistema con sus variaciones. En este caso se observa directamente cómo varía cuando compara ambos átomos para hacer la diferencia entre los dos y sus particularidades para dar como resultado esa diferencia. La segunda organización nos habla de una manera más estructural, es decir, describe al fenómeno con sus características y entidades. Aunque parezca muy breve, en la respuesta es posible observar esta estructura. Sí bien ambos son átomos, no hay una interacción entre sistemas por lo que se establece como átomos aislados. Después centraliza al núcleo y coloca alrededor de este último los electrones, puede ser en relación con su distancia respecto al núcleo o en capas/niveles de energía. Siendo así que sería un nivel 3 el adecuado.

Por otro lado, como penúltima característica encontrada, RC también tiene un nivel 3. Dentro de la respuesta, de forma inicial tenemos el concepto principal que es la energía de ionización, después menciona otros conceptos, pero no de manera directa. El primero resulta ser la carga nuclear efectiva, nos enuncia que hay una atracción particular del núcleo con los electrones, haciendo énfasis en los electrones más lejanos al núcleo. Después hace referencia al efecto de apantallamiento, indicando que los electrones se acomodan en “capas”, posteriormente menciona que

dependiendo del periodo estas capas se alejan y se añaden. Sí bien no escribe los conceptos de manera directa, es apreciable que los tiene, pero sin darles un nombre. Para finalizar, MR se ve estrechamente relacionada con lo mencionado en OE. El modelo que resalta dentro de esta respuesta es el modelo de Bohr. Sí bien no lo menciona directamente hace referencia a él cuando menciona las capas rodeando al núcleo y que estas capas aumentan conforme los periodos lo hacen. Evidentemente describe la modificación del modelo frente al fenómeno y cómo se vería ejemplificado, por lo que no lo usa como una argumentación, si no como una herramienta. Por eso es por lo que el nivel 3 sería el correspondiente.

Como observamos en esta pregunta, los estudiantes se desarrollan más cuando se les pide explicar la idea ya enfocada a un problema. Posiblemente debido a la abstracción de los mismos conceptos, cuando se les pide explicar la tendencia sin un contexto, les resulte más difícil que si se les da ya un sistema donde se apliquen estos conceptos. De igual forma, puede ser que, al darles este contexto relacionado con el tema, sea más directo y sencillo para ellos aplicar, analizar y argumentar el cómo y porqué está sucediendo el fenómeno. Sin embargo, esto no afecta el desarrollo del razonamiento mecanístico en los estudiantes.

Radio Atómico (RA)

Pregunta 1. Describe qué es el Radio Atómico y explica por qué esta propiedad varía entre los distintos elementos.

Tabla 13. Resultados obtenidos de la pregunta 1 de RA.

Característica	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
DFE	0	61.23	32.65	6.12	100
IC	2.04	75.51	18.37	4.08	100
EI	2.04	63.27	30.61	4.08	100
AE	20.41	57.14	20.41	2.04	100
PE	8.16	73.47	18.37	0	100
OE	8.16	79.60	12.24	0	100
RC	8.16	75.52	12.24	4.08	100
AG	100	0	0	0	100
MR	12.24	75.51	10.20	2.04	100

En una observación general, en la tabla 13, la mayoría de los estudiantes se encuentra entre el nivel 1 y 2. En el nivel 1 la mayor parte de las respuestas únicamente se basaba en mencionar la distancia de los átomos y su tendencia como explicación del cambio. En comparación con la propiedad anterior, el nivel 3 decae en esta pregunta y como consecuencia el aumento se da en el nivel 1.

En el caso de DFE (descripción del fenómeno estudiado), para el nivel 2, con un 32.65% de estudiantes, los cuales describen solamente al radio como una distancia electrón-núcleo o el tamaño del átomo. No profundizan más allá de cómo se toman las medidas o por qué resulta ser el cómo se toma esa medida. Por otra parte, en el nivel 3 con un 6.12%, es posible identificar dos tipos de radios, el radio covalente o el modelo unitario (este modelo apela a la distancia del núcleo al electrón más externo de un átomo en específico), en ambos casos se describe el cómo se toma la medida y cuáles son las condiciones de cómo van variando. En esta primera respuesta se

puede obtener mucha información de cómo los estudiantes entienden lo que es el radio atómico, así mismo un acercamiento general de la propiedad.

Para IC (identificación de condiciones), la mayoría de estudiantes se ubica en un nivel 1 con un 75.51%, cabe mencionar que en este nivel la condición dada por los estudiantes es dependiente del modelo. En caso del modelo covalente se establece que sean dos átomos enlazados. Y en el caso del modelo unitario es que el electrón sea el más alejado del núcleo. En cambio, para el 4.08% que se encuentra en el nivel 3, establecen condiciones como el aislamiento del átomo (modelo unitario) y en el caso del modelo covalente condicionan a que los átomos sean iguales. Así mismo establecen condiciones que varían el tamaño del átomo, como pueden ser el aumento de protones, neutrones. En esta característica sale a relucir una de las concepciones alternativas que los estudiantes consideran que modifican el tamaño del átomo, la cual es la relación de aumento de masa con el aumento del radio. Esto se ve estrechamente relacionado con las siguientes características.

En EI (entidades involucradas), como su nombre lo indica aquí se señalan las entidades que componen al fenómeno. El 63.27% se sitúa en el nivel 1, por lo que la única entidad que resalta es el átomo. No establecen más entidades que les permitan reconocer o explicar el porqué de la tendencia. Por otro lado, el 4.08% que está en el nivel 3 identifica aquellas entidades relevantes, como lo son electrones, protones, neutrones y núcleo. Así mismo, dependerá del modelo que esté utilizando (unitario o covalente) para añadir entidades extra. Para el caso del modelo unitario entre las entidades que se añaden son los niveles de energía, que se ve estrechamente relacionado también con el modelo que puede presentar el estudiante. En cambio, el modelo covalente se refiere a moléculas y núcleos. Esto resulta interesante ya que, la perspectiva y análisis de cada modelo muestra diferentes formas de medir el radio y su relación con las entidades dependiendo de la perspectiva.

En relación con la anterior se encuentra AE (actividades de las entidades), para esta característica el 57.14% se encuentra en un nivel 1. Este nivel se caracteriza por resaltar como actividad el aumento y disminución del mismo radio. Así mismo, se encontró que la mayoría de los que alcanzaron este nivel tiene relación con una

concepción alternativa, que es aquella que establece el aumento o disminución del radio atómico con dependencia a la masa molar. Esto se analizará con mayor detalle en las siguientes preguntas. Por otra parte, el 2.04% que se encuentra en un nivel 3, establece dos tipos de actividades, la primera la actividad general del sistema es el aumento o disminución del tamaño y en segundo plano la actividad de las primeras entidades (electrones, protones) como aumento o disminución de estas para influir en el cambio del radio. De igual forma, la entidad núcleo tiene la actividad de atracción a estos electrones provocando otra modificación del tamaño del átomo. Particularmente en esta propiedad se puede observar cómo los estudiantes manejan de manera nano y submicroscópica a las entidades para explicar el fenómeno, algo que se veía poco marcado en la propiedad anterior.

Para PE (propiedades de las entidades), la mayoría de los estudiantes se ubicaron en el nivel 1 (73.47%), en donde hicieron referencia a la propiedad del sistema, la cual es el cambio del tamaño del átomo. No se observa relación con alguna otra propiedad. Por otro lado, el 18.37% que alcanza el nivel 2, logran mencionar propiedades por cada entidad, los electrones y núcleo tienen la propiedad de atracción electromagnética. Esta propiedad resalta mucho entre las respuestas, ya que relacionan el cambio de electrones y protones con una mayor atracción, dando como consecuencia el cambio en el radio atómico. Aquí podrían incluir el concepto de afinidad electrónica como una posible propiedad meramente del átomo. Aunque esta característica se ve en el plan de estudios, ninguno de los estudiantes la menciona o logra relacionar su efecto con el cambio en el radio atómico.

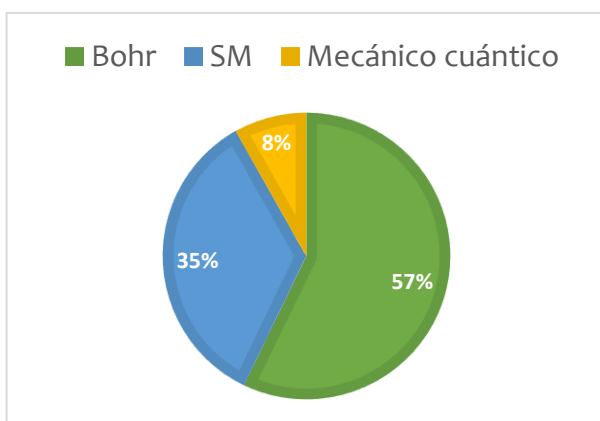
Por otro lado, en OE (organización de las entidades) el 79.60% se encuentra en un nivel 1, haciendo referencia a una organización estructural. Existen dos, en primer lugar, el unitario donde es un átomo aislado con un electrón más lejano con respecto al núcleo y ahí es donde se toma la medida. En segundo lugar, la organización es la siguiente existen dos átomos con un enlace, donde el enlace es el traslape entre niveles de energía. La manera de medir es de núcleo a núcleo y dividirlo entre dos. Como observamos, al haber estas dos organizaciones se muestra un poco de la estructuración del sistema y cómo se ve la propiedad en la mente del estudiante. Para

el nivel 2 con 12.24% además de la estructuración del modelo, hace una estructura en su argumento donde comienza a por mencionar y describir la propiedad, seguido de las entidades y finaliza con dar un porqué, pero basado en las entidades. Aquí no relaciona en el argumento el cómo estas entidades influyen en el cambio del radio atómico. Sin embargo, los estudiantes son capaces de estructurar respuestas para explicar el cómo varía esta propiedad.

En el caso de RC (correlación de conceptos), sí hay un alcance del nivel 3 con un 4.08% donde este porcentaje de estudiantes da conceptos relacionados con la propiedad. Ejemplo de ello es el mencionar la carga nuclear efectiva, algunos lo mencionan de manera directa y otros describen su efecto. Lo mismo sucede con el efecto de apantallamiento. Es necesario recordar que no basta con sólo mencionarlos, dentro del argumento deben encontrarse y relacionarse con su argumento, explicando por qué estos tienen una influencia sobre el sistema y la forma en la que la variación de estos conceptos también hace variación en el sistema. Resulta llamativo que en esta propiedad estos conceptos no están tan presentes ya que las variaciones de esta propiedad se acompañan de la concepción alternativa, del aumento en relación con la masa, dificultando la relación entre estos conceptos y la posterior explicación.

En el caso de AG no hay aparición de analogías durante sus argumentaciones, esto puede ser debido a la abstracción del tema, siendo complejo para los estudiantes el recurrir a ellas.

En primera parte para MR (modelos relacionados), el 12.24% se encuentra en un nivel 2, donde sí bien usan el modelo no se menciona directamente y es utilizado para



explicar la misma pregunta. Es común ver en este nivel frases del tipo “porque se acomodan así en los niveles de energía” o “porque hay un aumento en los niveles de energía”. Se aprecia que el modelo da indicios de ser el modelo de Bohr, pero también lo estructuran

Ilustración 6. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 1 de RA.

como si este modelo fuera la explicación del aumento del radio y no como una herramienta. En cambio, el 2.04% que está en un nivel 3, utilizan el modelo para ejemplificar cómo es la variación o para estructurar el cómo se vería el sistema y con base en ello representar los cambios o variaciones. Así mismo es apreciable ver cuáles modelos son los más utilizados por los estudiantes.

Un 57% utiliza el modelo de Bohr para estructurar su sistema. Esto es apreciable porque hacen referencia directa a los niveles de energía y a “capas” alrededor del núcleo. En cambio, un 8% utiliza un modelo mecánico cuántico, donde utilizan términos de orbitales y densidad electrónica. Cabe mencionar que los estudiantes que utilizan el modelo de Bohr tienden a establecer al radio atómico como un radio covalente y los que utilizan el modelo mecánico cuántico aluden más hacia el modelo unitario. Por último, el 35% no utilizan ningún modelo para estructurar su sistema (ilustración 6).

Observemos una de las respuestas y analicemos el caso:

“El radio atómico es la mitad de la distancia que existe entre el núcleo del átomo y su electrón mas externo. La tendencia del radio atómico en la tabla periódica es, aumenta de arriba hacia abajo y de derecha a izquierda. Esto es debido al nivel de atracción que lleva a cabo el núcleo hacia los electrones, provocando así que la distancia entre estos varíe.”

Para esta propiedad periódica, dentro de DFE (negrita) se pueden esperar dos descripciones dependientes del modelo que utilice el estudiante. En este caso, la respuesta describe al fenómeno como la mitad de la distancia núcleo-electrón, lo cual muestra que está describiendo al sistema como unitario. Sigue describiendo el cómo varía y da una pequeña justificación de dicha variación. Como contiene estas tres partes y ejemplifica el cómo se toma la medida con ciertas condiciones el nivel es 3.

Para el caso de IC, encontramos como primera condición que el electrón tiene que ser el más lejano. Además, expone otras condiciones que permiten que la condición inicial varíe, la cual es la atracción que tiene el núcleo con ese electrón lejano y se aprecia directamente ya que el estudiante lo dice de manera directa. Siendo así que,

al solo tener estas dos condiciones el nivel dado sería el 2. En el caso de EI, el nivel igual sería dos ya que, solamente menciona dos entidades importantes: núcleo y electrones. Sí bien establece el cómo se relacionan entre sí y cómo es que pueden variar, no hace una referencia a cómo es que esta variación da cambio en el radio atómico de manera profunda.

En relación con la característica anterior, para AE las actividades solamente se indica la variación de esta atracción del núcleo a los electrones. Así mismo se genera otra actividad a nivel sistema, la cual es el cambio del radio. Es importante reconocer esta actividad, ya que solamente menciona que es dependiente del núcleo y los electrones. Es por ello por lo que el nivel asignado sería 2. Algo similar sucede con PE, dice el tamaño o la distancia entre los electrones y el núcleo, pero la propiedad que más resalta es la propiedad electromagnética. En la característica anterior lo retomamos, pero desde una perspectiva de actividad, es aquella en la que se atraen y la propiedad que da paso a que esa actividad suceda es el carácter electromagnético de ambas entidades. Aunque no se menciona la propiedad de aumento o disminución de electrones, por reconocer la propiedad electromagnética se queda en un nivel 2.

Con OE observamos igual un nivel 2, esto es debido a que tiene ambas estructuras. La primera es la estructura atómica, donde se centra en un átomo aislado con un núcleo central con electrones alrededor. Por otra parte, en la estructura de la respuesta comienza describiendo la propiedad, seguida de su variación y al final indicando por qué varía. Sin embargo se aborda desde las entidades de manera particular y no las integra completamente.

En el caso de RC, nos quedamos en un nivel 1, ya que únicamente interviene el mismo concepto de la propiedad. No existen otros conceptos que les permitan relacionar el cómo es que está dada esa variación. Así mismo solamente se centra en la tendencia dada en la tabla periódica, sin argumentar más allá de la tendencia.

Para finalizar, en MR, el nivel es 1. No hay un modelo que permita explicar el cómo están acomodados los electrones, existe una referencia de un núcleo con electrones alrededor. Pero no es posible identificar el modelo utilizado.

Pregunta 2. ¿Por qué consideras que dentro de un periodo el radio atómico disminuye de izquierda a derecha?

En esta pregunta ya se les da la tendencia que tiene el átomo, lo que se les pide es que expliquen por qué es esa tendencia.

Tabla 14. Resultados obtenidos de la pregunta 2 de RA.

Característica	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
DFE	38.78	28.57	26.53	6.12	100
IC	4.08	44.9	40.82	10.2	100
EI	20.41	26.53	36.73	16.33	100
AE	20.41	32.65	42.86	4.08	100
PE	20.41	30.61	42.86	6.12	100
OE	22.45	44.9	30.61	2.04	100
RC	6.12	51.02	36.73	6.12	100
AG	100	0	0	0	100
MR	6.12	53.06	40.82	0	100

Como observamos, en la tabla 14, en esta propiedad (radio atómico) el nivel 3 sigue estando presente en comparación con la pregunta similar de energía de ionización. Esto puede ser debido a que, si bien tanto el radio como la energía de ionización son muy abstractas, el primero es más fácil de visualizar para ellos ya que ellos desde niveles básicos de educación han aprendido a determinar el radio de diferentes formas, cosa que con energía de ionización no sucede.

En la primera característica DFE (descripción del fenómeno estudiado) el 26.53% de los estudiantes se encuentra en un nivel 2, pero se basa sólo en una entidad. Comúnmente la entidad que se toma como enfoque es el electrón, donde únicamente la variación del radio atómico es consecuencia solamente de la lejanía del electrón. En cambio, el 6.12% que se encuentra en nivel 3, describe la propiedad y hace referencia a alguno de los modelos (unitario o covalente), de igual forma explica cómo es que varía. Al contrario del nivel anterior, no se centraliza en que lo único de lo que

depende es de la lejanía del electrón. Los estudiantes integran otros fenómenos e interacciones para explicar la variación. Como el cambio en protones y la organización de los electrones. Además, incluyen el cómo se toma la medida del radio con una relación directa con el modelo que se estructura la propiedad.

En la siguiente característica que es IC (identificación de condiciones), el 40.82 % de los estudiantes alcanza un nivel 2. En el caso de esta pregunta la condición que establece es la lejanía del electrón o entre los dos núcleos. Sin embargo, los estudiantes no lo relacionan con la masa ya que sigue la tendencia contraria. Los alumnos solamente mencionan que en el periodo aumenta la atracción del núcleo a los electrones y es por ello por lo que se hace menor el radio. De esta forma se observa que no se da una razón de porqué sucede este aumento de la atracción. Por otro lado, en el nivel 3 el 10.2% mencionan condiciones específicas, primero indican el aislamiento del átomo (“un átomo...”) en el caso del modelo unitario, para el modelo covalente establece como condición el enlace entre los dos átomos y también que esos átomos de enlace tienen que ser iguales. De igual forma, como condiciones se mencionan el cambio en el número de electrones y protones. Para este nivel, el estudiante es capaz de reconocer las entidades que el átomo tiene, cómo ellas influyen para establecer condiciones y cómo intervienen en la variación de la propiedad.

Relacionado con lo anterior EI (entidades involucradas), se muestran en específico las entidades que son relevantes para el fenómeno. Para el 36.73% que se encuentra en el nivel 2, las dos entidades son los electrones y el núcleo. Entre estas dos se establece una relación, misma que varía el radio atómico, pero no añade otras entidades importantes al sistema. Sin embargo, en el nivel 3, el 16.33% menciona otras entidades adicionales. Dependiente del modelo usado mencionan diferentes entidades, en el modelo unitario se indican los niveles de energía y si es covalente mencionan moléculas y núcleos. Así mismo, al establecer estas entidades las relacionan entre sí, explicando cómo es que estas influyen dentro del cambio del radio atómico. Esto resulta importante, ya que relaciona la interacción electrón-núcleo con otras entidades que son los protones, esto les permite decir que el aumento de dicha

interacción es por el aumento de estas entidades. Pero eso se aborda en la siguiente característica.

En AE (actividades de las entidades) se muestra lo que se mencionó anteriormente, las actividades que realizan las entidades que mencionan. El 32.65% que se encuentra en un nivel 1 únicamente identifica como actividad al aumento o disminución del radio. Esto indica que la entidad es el sistema completo y la única actividad asociada es la actividad general de cambiar el radio atómico. Por otra parte, para el 4.08% además de mencionar más entidades relacionadas con el fenómeno, identifica cuáles son las actividades que realizan y el cómo estas influyen de manera directa al cambio del radio atómico. En este caso, una de las actividades que se menciona es el aumento de protones, particularmente los estudiantes hacen énfasis en que a mayor número de protones existe una mayor atracción de los electrones. Así mismo, aquí puede expresarse una concepción alternativa con base en este aumento de protones. Al considerarse un aumento de protones, aumenta la masa del núcleo, además del modelo de Bohr utilizado para ejemplificar este sistema, los estudiantes indican que la disminución del radio es debido a la atracción de los electrones por la fuerza gravitacional. Es decir, debido a que el modelo les muestra la existencia de orbitas donde se acomodan los electrones, pues funcionaria de manera parecida al sistema solar y esta fuerza gravitacional aplicaría de la misma forma. Es por ello que resulta importante decir que a pesar de que el modelo lo ejemplifiquen así, existen otras características que tendrían las entidades (para este caso) que no permiten que tenga el mismo comportamiento que el sistema solar.

Cuando hablamos de PE (propiedades de las entidades) en esta pregunta, el 42.86% de estudiantes se encuentran en nivel 2, en este nivel resaltan propiedades tanto de entidades como del sistema. En particular de la tendencia que refiere esta pregunta, la principal propiedad de las entidades resalta la atracción electromagnética del núcleo con los electrones. Por esta razón, al aumentar el número de protones aumentará esta atracción hacia los electrones. Para el nivel 3, el 6.12% de los alumnos resaltan las propiedades electromagnéticas de las entidades, pero también mencionan a nivel átomo la “afinidad” electrónica de este. Usualmente esta

propiedad es llamada electronegatividad, ya que consideran que ante una mayor afinidad electrónica atraerá con mayor fuerza los electrones y algo similar sucede con los átomos más electronegativos, siendo una confusión de conceptos.

En la última propiedad relacionada con las entidades OE (organización de las entidades) hay un aumento del nivel 1 respecto a las características anteriores. Por otra parte, el 30.61% que se encuentra en un nivel 2, presenta dos estructuras; la primera se basa en cómo se organizan las entidades dentro del átomo. Como ya se dijo la organización dependerá del modelo de radio atómico al cual se esté refiriendo. Para el modelo unitario se relaciona estrechamente con una organización similar a la del modelo de Bohr, donde el núcleo es central y alrededor hay orbitas donde se organizan los electrones. Particularmente, en este modelo les es más sencillo ejemplificar las actividades de las entidades. Es por ello que, aunque igual usen la organización del modelo covalente para describir la propiedad, al momento de responder porqué varía el radio atómico recurren al modelo unitario. Así mismo, tienen la otra organización dentro de su respuesta, donde comienzan describiendo la propiedad seguido de las entidades y por último la variación que tiene. Sin embargo, para este nivel la variación es únicamente dependiente de una de las entidades, pero no de la interacción entre ellas. Esto es cuando el estudiante en su respuesta solamente se refieren a que la disminución del radio es debida al incremento de la atracción del núcleo a los electrones. Como se ve, no menciona otros aspectos que pueden ser importantes sino únicamente la entidad núcleo que es responsable de la variación. En cambio, el 2.04% que se encuentra en el nivel 3 tiene las dos organizaciones de nuevo, pero para la primera añade también el nivel de energía/orbital que intervienen en que el electrón sea el más lejano del núcleo. Lo que conlleva a que en la segunda organización, no se enfoquen únicamente en una entidad, por el contrario indican la influencia de todas y la variación del radio atómico en función del sistema. Esto resulta importante porque el estudiante está integrando todas las partes del sistema para su argumento y no aislando ciertas partes que le permitan dar sentido únicamente en ciertos casos.

Para el 36.73%, que se encuentra en un nivel 2 de RC (correlación de conceptos), atraen conceptos como el número atómico, pero solamente es referido sin relación con el argumento. Esto se puede apreciar en que después de describir al sistema únicamente alude al concepto y dice que es por ello que varía, porque así es la tendencia. Cosa que no sucede con el 6.12% que se queda en el nivel 3, donde atrae ciertos conceptos que usa como herramienta para explicar el cómo varía. Entre los conceptos que se señalan están la carga nuclear efectiva y el efecto apantallamiento. Ambos les permiten indicar cómo es que, aunque haya el mismo número de electrones y protones en el átomo, el radio tiene una variación y no para todos es el mismo tamaño. Usualmente no mencionan directamente el concepto, pero lo describen y relacionan con la interacción entre las entidades.

En el caso de AG no hay aparición de analogías durante sus argumentaciones, esto puede ser debido a la abstracción del tema, siendo complejo para los estudiantes el recurrir a ellas.

Por último, el 40.82% de estudiantes en nivel 2 para la característica MR (modelos representados) utilizan como referencia al modelo de Bohr para explicar sus respuestas, sin embargo, utilizan al mismo modelo como una explicación del porqué

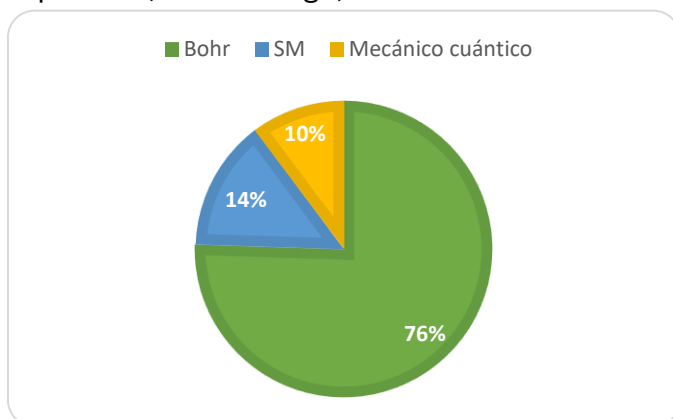


Ilustración 7. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 2 de RA.

hay un cambio del radio atómico. No permiten relacionar las entidades con la variación, si no como sólo una representación del mismo sistema. Además, un 76% utiliza al modelo de Bohr para ejemplificar al sistema. Esto resulta normal y bastante interesante, ya que al ser el

modelo que se aborda de manera mayoritaria en este nivel, también resulta ser el más acudido ya que con este es más fácil explicar las variaciones del radio atómico o interacciones entre las entidades. El 10% utiliza el modelo mecánico cuántico tanto para ejemplificar el sistema como para explicar las variaciones, cabe mencionar que

los estudiantes que hacen uso de este modelo acuden a los conceptos como carga nuclear efectiva y efecto de apantallamiento. Por último, el 14% no utiliza ningún modelo para ejemplificar el sistema (ilustración 7).

Ahora, analizaremos una de las repuestas:

“En los grupos, el radio atómico aumenta con el número atómico, es decir hacia abajo. En los periodos disminuye al aumentar Z, hacia la derecha, debido a la atracción que ejerce el núcleo sobre los electrones de los orbitales más externos, disminuyendo así la distancia núcleo-electrón.”

Para comenzar, en el caso de DFE se queda en un nivel 2. Sí bien menciona la propiedad de la que estamos hablando, no la describe a profundidad y únicamente establece que el cambio del radio atómico en el periodo es debido a la atracción que ejerce el núcleo. Como habíamos dicho anteriormente, en este caso la variación solamente depende de esa atracción que cambia a lo largo de un periodo, pero, no ejemplifica cómo es que esa atracción se modifica. Además, la descripción que da sobre cómo varía parece que se contradice mientras lo describe, ya que, al inicio indica que aumenta conforme aumenta el número atómico, pero en un periodo ocurre lo contrario. Esto se puede ver como una memorización sobre lo que ocurre en el radio atómico ya que supone la repetición de la definición dada pero después cae en contradicciones.

En el caso de IC, el nivel asignado resulta ser 2. Como se observa en la pregunta establece como única condición para el cambio de radio atómico el aumento de Z (número atómico) además de exponer que debido a Z la atracción del núcleo con el electrón cambia. No establece otras condiciones ni cómo es que esas condiciones influyen a profundidad en la variación del radio atómico.

Por otra parte, y entrando a las entidades, como primera característica, EI, sí menciona entidades más allá de sólo los electrones, incluye el núcleo y cómo es que estos se relacionan, es por ello que el nivel asignado es 3. De la mano con esto último, en AE se exponen estas características por cada entidad, para esta respuesta las actividades se centralizan en el aumento del mismo radio, es decir una actividad general del sistema. No establecen otras actividades por entidad, ejemplo el electrón

no influye y el núcleo atrae al electrón, pero esta última no es una actividad es una propiedad, término que se abordará en la siguiente característica. Analizado esto, el nivel para AE reside en un nivel 1.

Como se mencionó anteriormente, las propiedades son diferentes de las actividades, las cuales se ven definidas en PE. En esta respuesta se alcanza un nivel 2. Esto es debido a que, menciona como primera propiedad del sistema el radio atómico y como otra propiedad la interacción electromagnética entre entidades (núcleo-electrón). De igual forma, la segunda propiedad tiene una influencia en la primera, ya que debido al aumento o disminución de esa atracción núcleo-electrón, se observa un cambio en el radio atómico.

Por último, en relación con las entidades, en OE se obtiene un nivel 2 para esta pregunta. Esto es debido a que tiene la primera organización donde existe un átomo aislado con un núcleo central y en sus alrededores los electrones. La segunda organización es sobre la redacción de su argumento, donde comienza decir la propiedad periódica, después las entidades involucradas y finaliza dando un porqué, pero con una entidad como protagonista, que son los electrones. Como lo identificamos anteriormente, en esta última parte la variación únicamente depende del núcleo y su interacción con los electrones, la cual varía, pero no indica porqué hay una variación en esa atracción.

Para RC, el nivel asignado resulta en 2. Se indican conceptos diferentes a la misma propiedad periódica, pero estos conceptos son utilizados meramente como explicación de la variación. Es decir, no son integrados a la respuesta si no solamente son usados como una explicación. Entre los conceptos más comunes están el del número atómico, el cual en esta respuesta es directamente escrito. Sumado a que, utilizar un único concepto como justificación de los cambios a la propiedad, recae en la limitación de la comprensión del comportamiento del sistema. Y eso se refleja mucho cuando indica que al cambiar Z cambia la atracción del núcleo, pero no da un cómo y porqué cambia esa atracción.

Para finalizar, en MR se detecta un nivel 2, en primera instancia nos habla de una organización del sistema y ejemplifica cómo dicha organización (en orbitales) se ve

afectada frente al cambio del radio atómico. En este caso, aunque no da indicios o menciona partes del modelo de Bohr, toma este como una herramienta por ello se queda en un nivel 2. Así mismo, como ya se observó el modelo utilizado es el modelo mecánico cuántico ya que se identifica a los orbitales alrededor de un núcleo.

Pregunta 3. ¿Por qué consideras que a lo largo de una familia el radio atómico aumenta?

Tal y como se ha expuesto en la anterior propiedad, ahora se les pregunta en la tendencia de un grupo o familia el cambio del radio atómico.

Tabla 15. Resultados obtenidos de la pregunta 3 de RA.

Característica	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
DFE	44.9	38.78	14.29	2.04	100
IC	2.04	73.47	22.45	2.04	100
EI	48.98	30.61	16.33	4.08	100
AE	55.1	24.49	18.37	2.04	100
PE	51.02	28.57	18.37	2.04	100
OE	51.02	42.86	4.08	2.04	100
RC	6.12	63.27	30.61	0	100
AG	100	0	0	0	100
MR	20.41	51.02	26.53	2.04	100

A diferencia de la pregunta anterior el nivel 3 se ve disminuido en la mayoría de las características (tabla 15). Comenzando por DFE (descripción del fenómeno estudiado), el 14.29% que se ubica en el nivel 2 centraliza la descripción de la variación del fenómeno, pero con un enfoque en alguna entidad en particular. Aquí la entidad que tiene ese enfoque resulta ser el electrón, principalmente con la idea de que al aumentar el número de electrones aumenta el tamaño. Por otra parte, en el nivel 3 lo alcanzan el 2.04% y describen la variación con ayuda tanto de entidades

como de condiciones, ejemplo de ello es que responden que el aumento del número de electrones, pero también escriben que la forma en la que estos se organizan (niveles de energía/orbitales) complementan a que el radio aumente y esto da indicios de que no sólo reconocen a la propiedad. También conocen la estructura del mismo sistema, que en este caso es un átomo y les es posible relacionarlos entre sí, demostrando un análisis profundo de la propiedad y su cambio periódico.

Algo similar sucede en IC (identificación de condiciones), mientras el 73.47% de los estudiantes se encuentra en el nivel 1, donde la condición resulta ser el incremento de electrones o el aumento de la masa atómica. Aquí sale a relucir una concepción alternativa relevante, la cual es el incremento de la masa como causa de que el radio atómico se acrecienta. Si bien con base en sus experiencias, los estudiantes saben que el aumento de masa llevará a un aumento de tamaño, se considera importante que logre definir bajo que contextos esto resulta cierto. Es por ello que entre las condiciones de esta pregunta resalta también el aumento de masa atómica como argumentación. Es por ello que, aunque las concepciones alternativas generen explicaciones equívocas, también producen dificultades para poder entender cómo y porqué una propiedad periódica varía. Para el 2.04% de los estudiantes que están en un nivel 3, establecen otras condiciones como principales, las cuales se enfocan en el incremento del número de electrones, protones, neutrones, pero en este aumento indica una organización, interacción y efectos que causa este cambio. Aquí se debe hacer énfasis en un inicio en que el nivel 1 también nos habla de aumento en el número de electrones, pero la diferencia abismal es que en el nivel 3 establece cómo y cuál es la influencia de esta condición frente al cambio en el radio atómico. Cosa que en el nivel 1 este aumento de electrones es la misma argumentación del cambio. En el caso EI (entidades involucradas), el 16.33% se encuentra en un nivel 2 donde se establece al núcleo y a los electrones, además de una relación entre ambas propiedades. Sin embargo, no logra alcanzar un nivel mayor ya que estas son las únicas entidades referidas y en algunos casos solamente existe la interacción núcleo-electrón. En particular esto es importante, ya que, permite observar qué entidades les resultan más familiares a los estudiantes como para poder relacionarlas entre sí y

aquellas que considera como entidades importantes, pero no logra establecer la relación entre ellas y con el fenómeno. Esto sí se aprecia en el 4.08% que se encuentra en el nivel 3, donde en este nivel se mencionan más entidades, entre estas se encuentran las que componen el núcleo y que le dan el sentido de carga a este. Además, establece la relación entre todas las entidades, se enfoca en la relación electrones-núcleo-protones con base en la variación de esta interacción. Cuando el estudiante identifica todas las entidades del sistema le es más sencillo explicar qué es lo que sucede con el este, cuando va cambiando e identifican las diferencias entre dos sistemas, pero con el mismo enfoque. Esto se aprecia mejor en la siguiente pregunta.

Para AE (actividades de las entidades), el 18.37% se queda en un nivel 2, identificando como actividades de las entidades el aumento de electrones. Aquí resalta una actividad importante, como se mencionó anteriormente el incremento de la masa atómica resulta ser un argumento muy frecuente para explicar la tendencia de esta pregunta. Es por ello que, los estudiantes relacionan la actividad del aumento de electrones con el aumento de la masa atómica y en consecuencia con el tamaño del átomo. Este aumento de la masa atómica es una actividad del sistema que está relacionada con la actividad de aumentar electrones. Esto resalta de nuevo la concepción alternativa que se mencionó anteriormente. Que es relacionar la masa con el radio atómico. Así mismo, la presencia de esta concepción se ve muy relacionada con el razonamiento causal y sus experiencias diarias. En cambio, para el nivel 3 con 2.04% esta concepción no aparece, y se establece que la razón de cambio para esta tendencia se debe a otras actividades que realizan las entidades. Una de las que se menciona es el efecto apantallamiento, es decir, algunos electrones tienen como actividad hacer una “interferencia” de la atracción de los electrones externos hacia el núcleo. Con este tipo de argumento notamos que el estudiante no sólo se centra en la explicación del porqué, si no también establece una estructura del sistema para ejemplificar las actividades de las entidades que están presentes.

En el caso de PE (propiedades de las entidades), el 28.57% se encuentra en un nivel 1. Donde la única propiedad a resaltar es el mismo tamaño del átomo. Para esta

pregunta en particular, se utilizan descripciones del estilo “es más grande porque aumenta el tamaño del átomo”. Además de ser una frase algo redundante, el estudiante no logra establecer otras propiedades de diferentes entidades y como se ve, la única propiedad establecida es una propiedad para el sistema. Sin embargo, el 2.04% que está en un nivel 3 establece propiedades muy particulares por entidad. Para esta pregunta en particular, mencionan propiedades electromagnéticas entre núcleo y electrón, pero también del electrón. Esto se logra ver cuando el estudiante escribe que, el aumento de electrones lleva a un incremento de tamaño, pero este cambio es debido a que hay una repulsión electrón-electrón por ser cargas iguales. En relación con esto, existe una concepción alternativa donde los electrones son atraídos por otros electrones por ser “iguales”, pero para este estudio, esa concepción no se observó y al contrario si establecen la repulsión de cargas iguales. Para la última característica relacionada con las entidades, OE (organización de las entidades), la mayoría de los estudiantes se encuentra entre un nivel 1 y nivel 2; pero el 2.04% está en un nivel 3. En este nivel se presentan dos organizaciones, el primero está relacionado con la estructura del sistema, pero en esta pregunta se resaltan características importantes de esa organización. Se sigue con el núcleo central y los electrones a su alrededor, pero existe una interferencia entre electrones donde a causa de este “traslape” hay una variación del radio atómico. Es decir, estos electrones no están distribuidos sin tener interacción entre ellos, muestra que tienen un espacio determinado para existir y se pueden dar estas interferencias. Así mismo, se observa una organización en su argumento, donde comienza por indicar la propiedad, describir la variación y finaliza diciendo porqué se da esta variación.. Esta característica resulta importante ya que muestra la forma en la que analizan el sistema y cómo estructuran su argumento.

En RC (correlación de conceptos), 30.61% se encuentra en un nivel 2, y mencionan el número y la masa atómicos. Estos conceptos no están directamente relacionados, pero son utilizados para decir que estos tienen una influencia en la propiedad periódica. Es decir, estos conceptos son utilizados como argumento del porqué varía el radio atómico. A veces dan indicios del efecto de apantallamiento, pero no lo

escriben directamente, ejemplo de ello es hacer referencia a la “interferencia” de los electrones entre sí.

En el caso de AG no hay aparición de analogías durante sus argumentaciones, esto puede ser debido a la abstracción del tema, siendo complejo para los estudiantes el recurrir a ellas.

Para finalizar, en MR (modelos representados) sólo un 2.04% alcanza el nivel 3. Como se indicó anteriormente en las características, algunos estudiantes lograron utilizar el

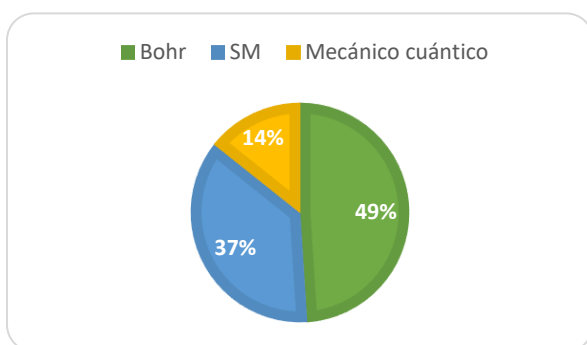


Ilustración 8. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 3 de RA.

modelo para ejemplificar la variación del radio atómico. Así mismo, el mencionar la organización de cada una de las entidades dependiendo del modelo que se esté ocupando. Por otra parte, el 49% utilizó el modelo de Bohr para hacer su ejemplificación del sistema. El 14% utilizó el modelo Mecánico cuántico

para su estructura y por último el 37% no utilizó ningún modelo. Nuevamente el modelo de Bohr es el modelo predominante, además de que es el más sencillo para visualizar a los electrones alrededor (gráfica 8).

Ahora, analizaremos un ejemplo:

“Si aumenta el número de protones, también lo hará el número de electrones, aunque en este caso los electrones se van añadiendo en las capas más externas del átomo, lo que logra una menor atracción entre protones y electrones y se incrementa el radio atómico (entre familias se aumentan los periodos).”

Para comenzar, DFE se sitúa en un nivel 2. Como se aprecia, el estudiante hace una descripción del fenómeno y de cómo se está dando la variación. En este caso, se centra en la tendencia en un grupo, ya que comienza mencionando el aumento de las entidades y cómo influyen para que el radio aumente. De la mano con esto, IC sale a relucir con un nivel 3. Las condiciones que establece son el aumento en el número de

los electrones y protones, pero también da otra condición, que es la organización de estas entidades en capas.

Y como ya se mencionó anteriormente, El tiene también un nivel 3 ya que establece entidades que son parte del átomo y las relacionan todas entre sí. Sumado a que menciona entidades particulares del modelo (capas), dando paso a que utilice todas las entidades para explicar la tendencia. De la mano con esta característica se encuentra AE, donde alcanza un nivel 3. Las actividades que menciona son el cambio en el número de las entidades. Aquí es importante diferenciar que la condición es que haya más electrones y en la actividad es el cambio/variación de este número de electrones. Donde también, indica la actividad de las capas y electrones al mismo tiempo, que es el acomodo de estos últimos en las capas para generar ese aumento en el radio. Así mismo, el nivel 3 en PE se aprecia cuando en el argumento menciona que este acomodo en las capas y el aumento de estas hace que disminuya la atracción de los electrones al núcleo. Por último, OE conserva el nivel 3 de las anteriores. Se aprecia perfectamente la organización espacial del sistema, con un núcleo compuesto de protones y neutrones, rodeado de electrones con una organización de capas. Así mismo en la organización del argumento, comienza escribiendo y describiendo el sistema, después da un porqué de la tendencia con base en su descripción y también da la propiedad.

En el caso de RC el nivel que tiene es 2, el único concepto que menciona es el aumento de periodos/capas dentro del átomo. También lo utiliza como una explicación del mismo sistema quedando sin integrarse totalmente con la explicación. Por último, en el caso de MR tiene un nivel 3 debido a que el modelo es una herramienta para explicar cómo es que varía la tendencia y no queda como una explicación de la tendencia. Además, es apreciable que el modelo utilizado es el modelo de Bohr, debido al acomodo en capas/periodos.

Pregunta 4. Diferencia entre radio Li, F y Cs

Ahora en esta pregunta, lejos de pedir que expliquen la tendencia se les pide que expliquen la variación en dos especies determinadas.

Tabla 16. Resultados obtenidos de la pregunta 4 de RA.

Característica	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
DFE	53.06	16.33	28.57	2.04	100
IC	2.04	77.55	20.41	0	100
EI	69.39	10.2	14.29	6.12	100
AE	69.39	10.2	20.41	0	100
PE	69.39	18.37	12.24	0	100
OE	69.39	28.57	2.04	0	100
RC	22.45	65.31	12.24	0	100
AG	100	0	0	0	100
MR	55.1	34.69	10.2	0	100

En comparación con la pregunta de aplicación anterior, en este caso decae el nivel 3 en su mayoría y aumenta el nivel 0 de manera drástica (tabla 16). Comenzaremos por DFE (descripción del fenómeno estudiado), el nivel 0 tiene un 53.06%, el aumento de este nivel recae en una forma de respuesta bastante particular. Si recordamos las rúbricas, el nivel 0 indica la ausencia de la característica en la respuesta, la ausencia de DFE se ve reflejada cuando la respuesta a la que acuden los estudiantes para explicar el porqué de diferentes radios atómicos está basada en la posición de los elementos en la tabla periódica. Se observa que no hay una descripción de la propiedad y mucho menos un argumento con relación a las demás características. En cambio, el 2.04% que se encuentra en un nivel 3 logra describir la variación de la propiedad por cada uno de los casos particulares. También describe porqué esa variación se da de manera general en elementos circundantes al elemento particular del problema.

En IC (identificación de condiciones) sucede algo bastante parecido, el 77.55% que se encuentran en el nivel 1 es debido a que la única condición para que se lleve a cabo esta variación, no es el cambio en el número de electrones, sino la posición del elemento en la tabla periódica. Aunque, como expertos en la materia sabemos que la posición del elemento en la tabla periódica indica múltiples propiedades. Para los estudiantes en sus respuestas no hay una relación de esa posición con esas características. Y al no establecer esta relación, se quedan en un nivel 1. Para el 20.41% que se encuentran en el nivel 2, establecen condiciones distintas a la posición del elemento en la tabla periódica. Algo a resaltar es que en las condiciones enuncian el aumento de electrones y la lejanía de los niveles de energía/capas/orbitales. Estableciendo como condición la distancia entre el núcleo y los electrones más lejanos.

Ahora, en EI (entidades involucradas) se tiene a la mayoría concentrada en un nivel 0 debido a que únicamente se basan en la posición del elemento en la tabla periódica. En este tipo de respuestas no es posible apreciar las entidades que dan paso a las diferencias entre los elementos particulares de la pregunta. En cambio, existe un 6.12% que logra alcanzar un nivel 3. Estos estudiantes consideran aquellas entidades que son átomos, electrones, neutrones y protones, desde una perspectiva de cantidad. Es decir, cuando varía la cantidad de estas entidades, se modifica el radio atómico. Siendo así, que el estudiante sí las menciona y relaciona entre sí para explicar por qué sucede.

Sin embargo, ese porcentaje en AE (actividades de las entidades) decae totalmente quedándose únicamente entre los niveles 0 y 2. El 20.41% que se encuentra en el nivel 2 establece actividades importantes para explicar la variación entre estos radios. Sin embargo, únicamente están centrados en el aumento/disminución de la cantidad de electrones. Y esto es muy visible en las respuestas, ya que, se dice textualmente el cambio en la cantidad de electrones. Esto puede ser debido a que, en la pregunta, las especies están acomodadas de cierta forma donde ese aumento puede reflejar ese cambio en el radio atómico.

Para PE (propiedades de las entidades), el nivel 0 conserva el mismo porcentaje, pero vemos un aumento en el nivel 1, donde se tiene un 18.37% y se aprecia que la única propiedad es la propiedad general del sistema que es el tamaño. Esta respuesta se ve cuando el único argumento que se da es establecer que el tamaño cambiará porque se debe a diferentes átomos. Para el nivel 2, un 12.24% de los estudiantes establecen la variación de tamaño, pero también explican el cómo es esa variación en relación con las entidades que tienen propiedades electromagnéticas. De igual forma, recalca en cómo cambia el radio el cual depende de qué tanto se ve atraído el electrón por el núcleo. Además, aunque no se diga directamente hace una descripción de la carga nuclear efectiva, pero sin asignarle un nombre.

Por último, OE (organización de las entidades) sigue teniendo a la mayor cantidad de estudiantes entre el nivel 0 y 1. Donde en este último se alcanza un 28.57%, y tiene como organización principal la estructura del átomo. Se retoma de nuevo al núcleo central y a los electrones a su alrededor. Es importante decir, que cuando únicamente se encuentra esta organización la argumentación se basa solamente en la variación de la cantidad de electrones. Por otro lado, el 2.04% que se encuentra en un nivel 2, logran dar dos estructuraciones, la primera es la organización estructural y la segunda es una organización de su argumento. Sin embargo, ambas estructuras están enfocadas a que las mismas entidades sean las causantes de esos cambios. Es decir, toda la argumentación está basada en que los electrones y el cambio de estos son los únicos responsables de los cambios.

En el caso de AG no hay aparición de analogías durante sus argumentaciones, esto puede ser debido a la abstracción del tema, siendo complejo para los estudiantes el recurrir a ellas.

Para RC (correlación de conceptos), el 65.31% de los alumnos que se encuentran en nivel 1 no presentan un uso de otros conceptos más que el de la propiedad misma. Este porcentaje también se aprecia en las respuestas donde únicamente escriben que las variaciones son dadas por su posición en la tabla periódica y porque de esa forma es la tendencia. Y en el nivel 2, el 12.24% añade otro concepto que resulta ser el

número de atómico, pero sin una relación con el contexto y se establece como una causa del cambio en el radio atómico.

Por último, en MR (modelos representados) un 55.1% de los estudiantes no establece un modelo para explicar su argumento, a pesar de que muchas de las respuestas se basan en la

posición del elemento en la tabla periódica y este último es un modelo; sin embargo, no recae en dentro de los modelos atómicos. Por otro lado, un 25% utiliza el modelo de Bohr dentro de su argumentación; y el 6% acude al modelo mecánico cuántico; no obstante el 69% no acude a ninguno modelo. Este porcentaje resulta mayor que el porcentaje anterior ya que algunos estudiantes intentaban dar un “modelo” que no era acorde con ningún un modelo atómico (ilustración 9).

Ahora se analizará un ejemplo de respuesta:

“Porque el Litio esta casi al principio de la primer familia, por lo tanto su radio es pequeño pero es aun más pequeño el Flúor porque se encuentra hasta la familia 17. Por el contrario, el Cesio tiene un radio atómico mayor porque se encuentra casi al final de la primer familia esto quiere decir, que hay más niveles de energía, alejados por así decirlo ocasionando que su radio atómico sea mayor.”

Comenzando con DFE, es posible apreciar que describe el fenómeno y cómo va variando en función de una parte específica la cual es el aumento de niveles de energía. Sí bien, aquí se aprecia algo que se venía mencionando en el análisis, este ejemplo basa su explicación también en la posición del elemento en la tabla periódica por ello se queda en un nivel 2. Algo similar sucede en IC, la principal condición es la posición en la tabla periódica y después añade otra la cual es la lejanía de los niveles de energía. Sin embargo, establece una relación entre estas dos condiciones y eso da paso a un nivel 2.

En el caso de EI, la única entidad que establece es el átomo, sí bien no está de manera directa, cuando se señala el elemento se hace alusión al átomo de este. Por ello, el

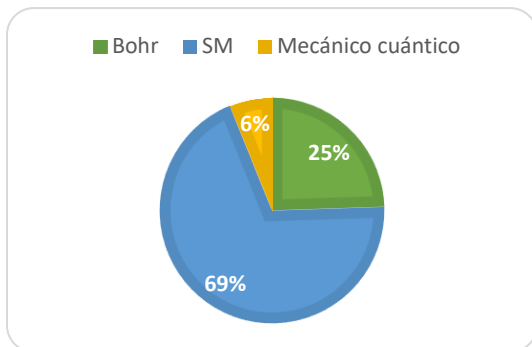


Ilustración 9. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 4 de RA.

nivel en esta característica es 1. Este nivel se repite para AE, ya que la única actividad identificada es el aumento del radio atómico, lo cual se aprecia en la última frase donde establece por qué el átomo sería mayor. Algo similar sucede en PE, donde la única propiedad establecida es el tamaño del átomo para cada uno de los elementos, siendo así que de nuevo está el nivel 1 presente. También el nivel 1 se alcanza en OE, ya que la única organización es la de la estructura del átomo ya que no hay una estructura dentro del argumento.

Por otra parte, en RC no se aprecian otros conceptos distintos a la tendencia existente de la propiedad por ello el nivel asignado es 1.

Por último, no se hace mención directa del modelo (MR), pero hace pequeñas referencias a este, lo que se aprecia cuando se marcan los niveles de energía y su interferencia en la tendencia, por ello el nivel asignado sería el nivel 1 con un modelo de Bohr.

Electronegatividad (ENG)

Pregunta 1. Describe qué es la Electronegatividad y explica por qué esta propiedad varía entre los distintos elementos.

Tabla 17. Resultados obtenidos de la pregunta 1 de ENG.

Característica	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
DFE	6.12	2.04	48.98	42.86	100
IC	6.12	12.24	44.9	36.73	100
EI	4.08	16.33	44.9	34.69	100
AE	4.08	42.86	24.49	28.57	100
PE	4.08	61.22	30.61	4.08	100
OE	4.08	69.39	20.41	6.12	100
RC	6.12	63.27	20.41	10.2	100
AG	100	0	0	0	100
MR	8.16	61.22	30.61	0	100

Para esta primera pregunta, a diferencia de las otras propiedades un porcentaje alto de estudiantes alcanza el nivel tres (tabla 17). Esto puede deberse a que, aunque la energía de ionización y el radio atómico resultan ser ideas un poco más intuitivas, los estudiantes están más familiarizados con la electronegatividad.

Para iniciar el análisis, se observa que el 2.04% de los estudiantes alcanzan un nivel 1 en DFE (descripción del fenómeno estudiado), donde describen a la electronegatividad desde sí misma. Es decir, únicamente dicen que la variación de esta es porque hay más electronegatividad, quedando en nivel 1. En cambio, el 42.86% de los estudiantes que están en nivel 3 daban una descripción del cómo se daba esta propiedad. Cabe resaltar que los estudiantes en este nivel establecen que la electronegatividad no existe por sí sola, sino que es necesaria la interacción entre átomos distintos y aunque en la tabla periódica se pueda apreciar una tendencia, la cual dependerá de la interacción que tenga. Y esta descripción da mucha información sobre la comprensión del estudiante ya que no solamente acude a la posición del átomo en la tabla periódica, sino que, al entender estas características del fenómeno sabe diferenciar el porqué de la variación y cómo es que sucede.

Para IC (identificación de las condiciones), el 44.9% de estudiantes se encuentran en el nivel 2. Como en esta característica se establecen condiciones para que se lleve a cabo el fenómeno, en este nivel solamente se establece una condición la cual es la atracción del átomo con los electrones. En este nivel los estudiantes no reconocen la interacción entre diferentes átomos como se mencionó anteriormente. Por ello, algunos estudiantes se refieren a esta condición como la atracción del núcleo a los electrones, confundiendo con la carga nuclear efectiva. Esto puede ser debido a que, como ambas se identifican como atracción de electrones, al no hacer la distinción donde una se da por la interacción con otros átomos, resulta común que los estudiantes confundan los términos. Incluso, usando a la electronegatividad como un rasgo para que la energía de ionización cambie. En cambio, el 36.73% de los estudiantes que llegan al nivel 3 establecen condiciones distintas. Una de ellas es la existencia de una interacción (enlace) con otro átomo distinto, donde uno de los dos átomos tiene una mayor atracción por los electrones y por consecuencia el otro dona

los electrones, debido a que tiene la menor atracción. Además, establece las condiciones donde el núcleo tiene una atracción mayor de electrones y es capaz de atraer electrones de otro átomo distinto.

En el caso de EI (entidades involucradas), un 44.9% de estudiantes están en un nivel 2. Para este nivel y característica sólo resaltan dos entidades, las cuales son los electrones y átomos. En algunos casos mencionan una interacción entre los dos, pero no se indica un cómo ni porqué se da esta interacción. Esto resulta interesante, porque, aunque el estudiante identifica estas dos entidades no hay una manera en la que se relacionen o utilicen las entidades como parte de la explicación. Por otra parte, el 34.69% de los estudiantes que se encuentran en un nivel 3, además de identificar las entidades, reconoce que todas están relacionadas entre sí y al mismo tiempo son utilizadas para su explicación. Aquí, es visible el sistema establecido, con dos entidades mayores que son átomos distintos y después una entidad adicional que son los electrones. Ejemplo: *“la electronegatividad es la fuerza de un átomo en una molécula para poder atraer los electrones a el mismo...”* Para esta característica, en electronegatividad, es posible dilucidar la forma en la que se comprendió el concepto. Ya que por un lado solamente se limita la existencia de una atracción hacia los electrones, estableciendo una relación con la energía de ionización, en específico con el cambio de esta, y por otro lado como el desvío de electrones dentro de una interacción de dos átomos.

Relacionado con las entidades, en AE (actividades de las entidades) alcanzan el nivel 1 un 42.86% de los estudiantes, y la única actividad que se identifica en este nivel es la atracción de electrones. La entidad átomo es la que presenta esa actividad. Además, en caso de mencionar un enlace con otro átomo, sea igual o diferente, no tiene una actividad mostrando que las entidades no están totalmente integradas. El 28.57% de estudiantes que se encuentran en el nivel 3 identifican actividades para cada una de las entidades. En un inicio tenemos al átomo 1 (entidad 1) tiene una actividad con el átomo 2 (entidad 2), y la actividad es establecer un enlace, pero como se ve no solamente una de las entidades tiene esta acción, si no que intervienen las dos. También, hay otra actividad que es el movimiento de los electrones y es propia

de los electrones no de un átomo como se observa en el nivel 1. Esta característica también resulta importante para saber cómo estructuran y entienden la propiedad, ya que al verla de manera general y no en un ejemplo en concreto puede servir como una reflexión para el estudiante.

En la siguiente característica, los porcentajes difieren muchísimo de los de la característica anterior. En PE (propiedades de las entidades), el 61.22% se encuentra en un nivel 1 identificando como única propiedad la atracción de los electrones, es decir propiedades electromagnéticas. Entonces, las propiedades están centradas en una entidad la cuál es el átomo. Además, de nuevo se centraliza en que la única propiedad es la capacidad de atracción de electrones sin importar el contexto en el que se haya desarrollado. Por otra parte, el 4.08% de los estudiantes mencionan propiedades para cada entidad y propiedades generales del sistema. La primera resulta ser que los electrones que se desvían son electrones que forman parte de un enlace. Es decir, los electrones no son una entidad puntual y aislada, son una densidad alrededor del núcleo y esta se traslapa entre dos átomos distintos. Este flujo de densidad es el desviado hacia alguno de los átomos. Respecto a otra propiedad de las entidades resulta ser la capacidad de atracción del átomo, pero no desde un enfoque donde sólo atrae. Es decir, hay una relación muy estrecha con la estructura del átomo lo cual es la causa de esta atracción y si es mayor o menor. Por último, la propiedad que se menciona para el sistema es la deformación de la densidad que rodea a la estructura. Ya que establecen como efecto esta deformación cuando uno de los dos átomos tiene mayor atracción a los electrones.

En relación con esta última propiedad mencionada está la siguiente característica que es OE (organización de las entidades), donde la mayoría de los estudiantes se queda en un nivel 1 con 69.39% de la población. Donde la única organización que se aprecia es estructural, de nuevo se puntualizan los electrones y se aísla un átomo esférico que atrae electrones aleatorios a su alrededor. Esto se aprecia cuando se limitan a mencionar la atracción sin profundizar más allá. Es importante mencionar que, esta visión es la más sencilla y frecuente para los estudiantes. Ya que, al ser un tópico tan abstracto es más sencillo minimizar el fenómeno para su comprensión. Sin embargo,

el 6.12% que se encuentra en un nivel 3 plantea dos organizaciones, como se ha observado en preguntas anteriores. En el caso de la organización estructural, existe una interacción entre dos átomos distintos (enlace), donde dentro de esta existe el movimiento de electrones y como consecuencia hay una deformación de la forma del compuesto (movimiento de la densidad). Como se aprecia, ya no son entidades puntuales y aisladas, si no es una propia interacción entre entidades diferentes y con propiedades particulares. Mostrando que se comprende que esta propiedad no solamente depende de un átomo. Además, de la organización estructural está la organización en la escritura de la respuesta. Esta es igual a la que ya se planteó con anterioridad, comenzando por la descripción o mención de la propiedad, después la explicación del porqué de la variación usando a las entidades como herramientas de esta explicación. Apreciando que el estudiante tiene una organización concordante en sus argumentos y por lo tanto en sus ideas.

Por otra parte, en RC (correlación de conceptos) un 63.27% de estudiantes logra obtener un nivel 1. Este nivel únicamente usa como concepto la misma propiedad (electronegatividad). Esto resulta importante, ya que, cuando algún estudiante únicamente da un argumento con base en el concepto mismo quiere decir que el estudiante no entiende el tópico y es por ello que no lo relaciona con alguna otra idea. En cambio, el 10.2% de estudiantes en un nivel 3, utiliza conceptos distintos a la propiedad. Entre los que más resaltan son carga nuclear efectiva y efecto apantallamiento. Aunque se han observado estos conceptos en propiedades anteriores, es importante mencionar que son tópicos complejos y estrechamente relacionados con este tema. Además, de que con ayuda de ellos es posible comprender mejor el fenómeno y explicarlo. Siendo así que, si el estudiante los utiliza, se podría asegurar que la comprensión de qué es y porqué varían las propiedades periódicas no son producto de una tendencia dada en la tabla periódica. En las siguientes preguntas se retoman estos conceptos nuevamente.

En el caso de AG no hay aparición de analogías durante sus argumentaciones, esto puede ser debido a la abstracción del tema, siendo complejo para los estudiantes el

recorrer a ellas. Por último en MR (modelos representados), un 30.61% de estudiantes se encuentran en un nivel 2 y en este nivel el modelo, ya sea Bohr o mecánico cuántico, es usado para ejemplificar el sistema, pero no se ahonda más allá. Es importante mencionar también, que se muestran indicios del uso del modelo de Bohr en la mayoría de estudiantes, donde muchos regresan a la puntualización del sistema y aunque algunos si mencionen

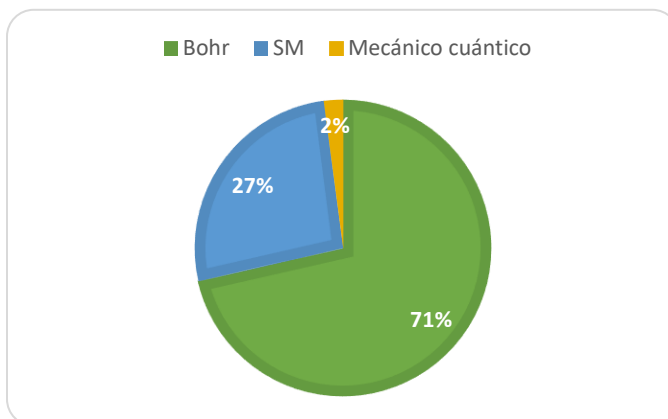


Ilustración 10. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 1 de ENG.

la densidad se refieren a esta como una capa. Esta idea se refuerza cuando un 71% utilizan el modelo de Bohr y solo un 2% apelaba al modelo Mecánico cuántico para ejemplificar su sistema (ilustración 10).

Ahora tomemos un ejemplo al azar y vamos a analizarlo:

“la electronegatividad es la fuerza de un átomo en una molécula para poder atraer los electrones a el mismo, y la electronegatividad varía en función de la molécula, es decir que cuando un átomo atraer la densidad electrónica, no es la misma en todos los compuestos.”

En primera instancia, aparece DFE dentro de la primera oración describiendo a profundidad la propiedad periódica y nos indica en función de qué hay una variación. De la mano con esto, nos indica que un átomo no atraerá de la misma forma la densidad electrónica, si no que dependerá de con qué esté enlazado. Entonces el nivel para esta característica es el 3, ya que logra describir el fenómeno y argumentar por qué hay una variación de la propiedad.

En segunda instancia existe IC, en la cual se piden las condiciones para que se presente el fenómeno. Aquí, el estudiante enlista primero la existencia de un enlace para que se dé esta atracción, pero también muestra como condición el que uno de los dos átomos será el que done los electrones. Y aunque no menciona como

condición la estructura del átomo, sí menciona que la estructura de la molécula es otra necesaria para que varíe la electronegatividad. Se observa que, el estudiante plantea las condiciones necesarias, las relaciona con el fenómeno y también da condiciones generales del sistema, siendo así que el nivel asignado será nivel 3.

En relación con EI, escribe las entidades generales (átomos y electrones), pero también menciona que los átomos tienen que ser distintos y esta diferencia influyen en el fenómeno. Por ello el nivel asignado es el nivel 3. Algo similar sucede en AE, ya que da actividades por cada entidad. Como actividad principal es formar un enlace entre dos átomos distintos (E1 y E2) y una vez establecido viene la segunda actividad que es la desviación de la densidad electrónica (E3) hacia alguno de los dos átomos. Así mismo, nos dice que esta desviación estará a razón de los átomos que se estén hablando. Por ello también el nivel asignado es el nivel 3.

De igual forma PE conserva el mismo nivel, nivel 3, porque enuncia propiedades para cada entidad. Análogamente, los electrones cambian sus propiedades puntuales y pasa a ser una densidad. También, enuncia de manera muy enfática que la atracción de esta, es decir una propiedad electromagnética, cambiará dependiente de los átomos que estén interaccionando. Esto último da como consecuencia la característica general del sistema, donde existe una deformación de esa densidad, pero a nivel estructural deformando a la estructura química. Sin embargo, en OE se alcanza solamente el nivel 2, ya que tiene las dos estructuras. Por una parte, hace énfasis en la estructura del sistema para que tenga esas características, pero en la estructura del argumento su enfoque está solamente en las entidades (electrones) y no en la propiedad. La diferencia aquí es que las entidades son las principales y las que hacen que se dé el fenómeno, cuando estas entidades deberían ser usadas para explicar el porqué del fenómeno y no como las causantes únicas.

Para RC el nivel alcanzado es el nivel 2, ya que menciona conceptos como la densidad, pero es usado como un argumento directo. Además, no establece otros conceptos y su mismo argumento se basa en la misma propiedad. No tiene algún registro de AG.

Para finalizar, en MR el nivel alcanzado es el nivel 2. Ya que el mismo modelo es usado como argumentación de cómo es que varía en sistema y también se ve un indicio del modelo mecánico cuántico.

Pregunta 2. ¿Por qué consideras que la tendencia de la electronegatividad aumenta de izquierda a derecha en un periodo?

Para esta pregunta ya hay un enfoque hacia una tendencia particular.

Tabla 18. Resultados obtenidos de la pregunta 2 de ENG.

Característica	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
DFE	63.27	28.57	8.16	0	100
IC	12.24	55.2	28.57	4.08	100
EI	30.61	36.73	30.62	2.04	100
AE	36.73	32.65	30.62	0	100
PE	36.73	36.73	26.54	0	100
OE	36.73	51.03	12.24	0	100
RC	10.2	61.22	26.54	2.04	100
AG	100	0	0	0	100
MR	32.65	44.9	20.41	2.04	100

Para comenzar DFE (descripción del fenómeno estudiado) decayó drásticamente, donde el nivel cero tiene más de la mitad de la población (tabla 18). El nivel 2 tiene el 8.16% de estudiantes. donde dicha descripción está basada únicamente en la atracción de electrones. Además, para esta pregunta al ser una tendencia creciente en un periodo se esperaría una descripción con base en la estructura haciendo un énfasis en la carga nuclear efectiva. Sin embargo, la mayoría de las respuestas se enfocan en mencionar que esta aumenta porque aumenta la misma atracción. Es decir la propiedad aumenta porque así está dictado en la tabla periódica.

En segundo lugar, IC (identificación de condiciones) también dista de los porcentajes anteriores. Ahora el 55.1% de los estudiantes representa un nivel uno. Donde la única condición es la presencia del fenómeno mismo. También, como se ha observado en propiedades periódicas anteriores, la condición establecida para este nivel es la posición del elemento en la tabla periódica. Es posible decir que la memorización del concepto está presente, ya que lejos de explicar el porqué sucede, esta argumentación está centralizada en lo que comúnmente se ve opta que es la memorización de la tendencia. Por otro lado, en esta característica aún persiste el nivel 3, con un porcentaje de 4.08%. Este porcentaje sí establece condiciones con base en el cambio de la estructura atómica. Además de condicionar aún el enlace con un átomo X que tiene como condicional una menor electronegatividad. Esto muestra que, aunque la propiedad varíe respecto a con que átomo está interaccionando, es posible plantear un átomo general con la condición de que tenga menor electronegatividad y sea posible observar el fenómeno.

Para la tercera característica EI (entidades involucradas), comenzamos a identificar las entidades. EI también presenta un descenso en los porcentajes comparado con la pregunta anterior. El 36.73% que se encuentra en nivel uno refiere como entidad únicamente al átomo. Cuando observamos esto, este porcentaje está estrechamente ligado a aquellos que recurren a la posición en la tabla periódica como un argumento en el cambio de la propiedad. Observando frases del tipo “el átomo es más electronegativo por la posición que tenga en la tabla periódica, ya que la tendencia aumenta en esa forma”. Como se mencionó con anterioridad, cuando el estudiante enfoca su argumento con base en la posición en la tabla periódica, solamente retoma la argumentación de la tendencia. Por otro lado, el 2.04% que se encuentra en un nivel 3 establece, como entidades básicas, 2 átomos distintos E_1 y E_x , seguido de los electrones dentro del enlace. Como se observa hay una distinción de entidades, pero no de manera aislada, sino que depende de la interacción entre estas 2 entidades.

En el caso de AE (actividades de las entidades), los porcentajes están repartidos entre los niveles cero y 2. Dejando totalmente fuera al nivel 3. La mayoría se encuentra en

el nivel cero, indicando que esta característica no está presente. Que este es igual al porcentaje que hace referencia a la posición como argumento de la variación de la propiedad. Es decir el mismo 36.73% que únicamente menciona la posición como argumento es el mismo 36.73% que no establece actividades. En cambio, el 30.61% que se encuentra en el nivel 2 establece como actividades enfocadas a los átomos, pero desde la visión de atracción de los electrones. Para este nivel abundan las frases como “atrae más a los electrones” donde la actividad es de un átomo hacia el electrón y no hay actividad particular del electrón, ya que el movimiento que realiza está basado en el átomo y no en el electrón como entidad.

Por otra parte, PE (propiedades de las entidades) también presenta un descenso de los niveles más altos. Lo que significa un incremento del nivel uno, ya que es el porcentaje de 36.73% y la única propiedad establecida es la atracción electromagnética, la cual es expresada como atracción de electrones. De nuevo se enfoca en el átomo como entidad. Además, en esta tendencia en particular para este nivel el aumento de esta atracción es debido a que los átomos son distintos. Por otra parte, el nivel 2 con 26.53%, menciona propiedades para cada entidad. En primera instancia menciona como propiedades la atracción electromagnética. Sin embargo, la tendencia que se establece en esta pregunta se modifica porque cambian las cargas dentro del átomo y este cambio es también propiedad del mismo sistema. Algunos estudiantes mencionan esta variación diciendo que el incremento en el número de protones hace que aumente esta atracción.

En OE (organización de las entidades) de nuevo hay una baja en niveles altos y aumento en niveles bajos. El 51.02% de estudiantes se encuentran dentro del nivel uno. Donde la organización está enfocada en la estructura atómica. Sin embargo, los electrones están vistos desde una perspectiva puntual es decir como un solo átomo interaccionando con electrones al azar. Es decir, no se identifica una interacción entre átomos distintos y hay un aislamiento del sistema. El 12.24% que logra un nivel 2 utiliza dos organizaciones que en esta pregunta resalta la primera que es la

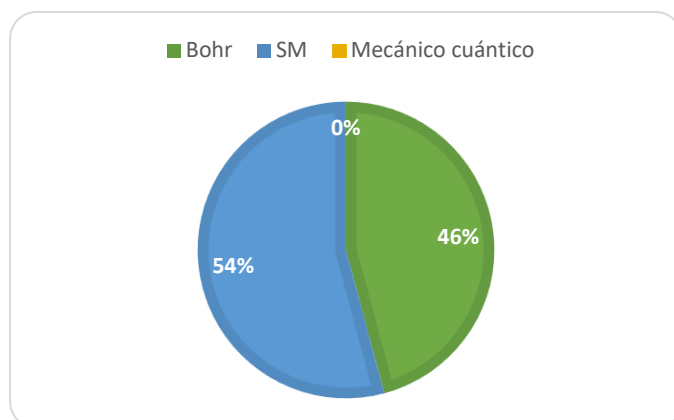
estructural. Aquí, los estudiantes apelan a cómo se observaría el sistema para que se lleve a cabo el fenómeno, es decir la propiedad. Donde si bien es un sistema aislado, sí existe una interacción entre átomos para observar el movimiento de los electrones que se comparten. Algunos reconocen estos electrones como partículas puntuales y otros como una densidad. Por otro lado, hay otra organización donde es la estructura del argumento escrito. Aquí sólo se menciona y no se describe la propiedad. Para esta pregunta, se centraliza mucho en las entidades. Entonces el átomo sin sus características es el único causante de que se lleve a cabo el fenómeno. Cómo se observa, aunque sea un nivel alto aún no se logra la profundidad del tema.

Para RC (correlación de conceptos), la mayoría de estudiantes se encuentra, con un 61.22%, en un nivel 1. Donde el concepto que se utiliza es la misma propiedad. Para otro caso, en el nivel 3 hay 2.04%. Aquí ya se resaltan conceptos diferentes a la propiedad particularmente en esta respuesta, se hizo la conexión con otras propiedades e identifican cuál sería la relación entre ellas y aunque no son los conceptos colocados en la rúbrica, si son conceptos distintos a la propiedad y utilizados para explicar lo que sucede con la electronegatividad dentro de un período.

En el caso de AG no hay aparición de analogías durante sus argumentaciones, esto puede ser debido a la abstracción del tema, siendo complejo para los estudiantes el recurrir a ellas.

Por último, está MR (modelos representados), en este nivel uno el 44.9% no hace una referencia a algún modelo establecido. El 2.04% que se encuentra en un nivel 3

utilizan un modelo en concreto y enlista sus partes como una herramienta para explicar cómo y porqué varía el fenómeno. También se aprecia que un 46% utiliza el



modelo de Bohr para ejemplificar su sistema y el restante que es un 54%, no apela a ningún modelo para ejemplificar su sistema. De nuevo el modelo de Bohr resulta mayoritario porque es el comúnmente visto dentro del plan de estudios (ilustración 11).

Ilustración 11. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 2 de ENG.

Ahora se analizará una respuesta:

“Aumenta de esa manera, porque aunque hay el mismo número de niveles de energía, hay más protones positivos en el núcleo, lo que crea una atracción más fuerte sobre los electrones negativos en la capa exterior.”

Para comenzar, DFE tiene un nivel 1 ya que no se tiene una descripción profunda de la propiedad y solamente al mencionarla se le asigna ese nivel. En el caso de IC, el nivel es 3. Debido a que establece condiciones estructurales del porqué hay una variación de la electronegatividad en esta pregunta.

Y en EI, sólo se identifican electrones y átomos, pero no identifica que hay 2 átomos distintos. Es decir, sólo existe uno y ejemplifica la interacción de este átomo con los electrones. Por esto se queda dentro de un nivel 2 y este mismo nivel aplica para la siguiente característica que es AE y para PE. En el primer caso sólo se refiere a la atracción que ejerce el átomo sobre el electrón como actividad; en el segundo caso hace énfasis en la atracción electromagnética para desviar a los electrones con los que interacciona, de la misma forma en la variación de cargas positivas para atraer más o menos electrones.

En OE, la única organización que es apreciable dentro de la respuesta es la organización de la estructura. Esto da un nivel 1 y en este mismo nivel se asigna para la siguiente característica conocida como RC. Ya que no acude a otros conceptos distintos y únicamente se centra en explicar la tendencia con su variación respecto a la estructura.

Por último, en MR alcanza un nivel 2 ya que muestra indicios del modelo de Bohr y utiliza el modelo para ejemplificar el sistema, pero como una causa de la misma variación. De la misma forma como se aprecia el uso del modelo de Bohr por las partes que menciona ejemplo de ello decir o hablar de los niveles de energía o capas electrónicas.

Pregunta 3. ¿Por qué consideras que la tendencia de la electronegatividad disminuye de arriba hacia abajo en una familia?

Para comenzar, en esta pregunta la tendencia se refiere a lo largo de una familia. Los porcentajes son parecidos a los de la pregunta anterior. Ya que se repite esto de argumentar con base en la posición del elemento en la tabla periódica.

Tabla 19. Resultados obtenidos de la pregunta 3 de ENG.

Característica	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
DFE	63.27	24.49	6.12	6.12	100
IC	6.12	77.55	16.33	0	100
EI	36.73	40.82	20.41	2.04	100
AE	38.78	51.02	10.2	0	100
PE	38.78	53.06	8.16	0	100
OE	36.73	55.1	8.16	0	100
RC	10.2	57.14	24.49	8.16	100
AG	100	0	0	0	100
MR	28.57	53.06	18.37	0	100

Comenzamos por DFE (descripción del fenómeno estudiado), en esta característica el 63.27% se encuentra en un nivel cero (tabla 19). Ya que, no existe una descripción ni siquiera mínima de la tendencia. La mayoría de los estudiantes que recaen en este nivel son aquellos que acuden a la posición en la tabla periódica como argumento. También, el 6.12% de los que logran un nivel 3 describen el porqué de la tendencia. Algo importante que recalcar es, que en este nivel y pregunta, muchas de las respuestas establecen una relación entre el radio atómico y la electronegatividad indicando que la lejanía de los electrones al núcleo impedía que la atracción aumentara, aunque aumentaran los protones. Esto resulta importante, ya que no se ven las propiedades periódicas como aisladas sino como características atómicas estrechamente relacionadas.

En segunda instancia IC (identificación de condiciones), tiene a la mayoría en un nivel uno. Ese 77.55% no da condiciones, si no se refiere a la tendencia. Esta tendencia se plantea como la condición, ya que, se dice que la variación de la electronegatividad dependerá únicamente de la posición en la tabla periódica. Y el 16.33% que, si alcanza el nivel 2, el cual es el nivel más alto en esta característica, establece como única condición la interacción del átomo con los electrones. Esto puede ser debido a que la explicación de esta tendencia resulte difícil para los estudiantes al momento de basar la estructura o establecer las condiciones necesarias para que la propiedad varíe de esta forma.

En tercer lugar EI (entidades involucradas), tiene una mayor población en el nivel 1 con un 40.82%, en esta se indican entidades muy básicas como el átomo y los electrones, hay una referencia con frases del tipo “aumenta la atracción”. Esto resulta importante ya que el estudiante no identifica las entidades mostrando que le es difícil encontrar estas partes del sistema y establecer su función dentro del mismo. Sin embargo, en esta característica sí se alcanza un nivel 3 con un 2.04%, en donde se identifican las entidades del sistema en su totalidad. Pero, no solamente las mencionan, acuden a ellas como parte del sistema y establece la influencia que tienen sobre el átomo. En esta pregunta logran identificar de qué se compone el sistema, así como la influencia,

demostrando que el estudiante comprende el concepto del átomo a profundidad y le es posible entender cómo esta estructura cambia las propiedades periódicas.

En cuarto lugar AE (actividades de las entidades), tiene un aumento de la población en el nivel uno, con un 51.02%. Si bien en este nivel sólo se hace referencia a la atracción de electrones. De nuevo, solamente se identifica el hecho de atraer electrones, no se alcanzan a analizar otras actividades, aunque identifiquen múltiples entidades. En el siguiente nivel, el 10.02% se identifica más de una actividad. Se sigue planteando la atracción de electrones, pero también menciona el movimiento de electrones hacia alguno de los 2 átomos. Es decir, aquí hay una interacción entre dos átomos (primera actividad) y después hay otra actividad átomo-electrón con el desplazamiento de este último.

La quinta característica PE (propiedades de las entidades), tiene la mayoría de la población en el nivel uno, con un 53.06% reconoce como única propiedad a la atracción electromagnética del átomo al electrón. El estudiante reconoce la existencia de estas propiedades de carga, pero no identifica otras propiedades del átomo que puedan influir dentro de la variación de la propiedad periódica. Así mismo, el nivel 2 es el más alto con un 8.16% donde sigue indicando la propiedad anterior, pero encuentra que esta propiedad está dada por ciertas características del átomo. Las cuales pueden ser la variación en la cantidad de protones o la cercanía o lejanía entre el núcleo con los electrones de compartidos. Así mismo, esta propiedad electromagnética no sólo es del átomo sino también pasa a ser del electrón.

La sexta característica, OE (organización de las entidades), tiene un aumento en el nivel uno ya que cuenta con 55.1%, donde los estudiantes no mantienen una organización, es una respuesta sencilla y sin profundidad. En cambio, el 8.16% que se encuentra en el nivel 2, si establece 2 organizaciones. La primera con un énfasis en la estructura del átomo. Es decir, en un principio menciona cómo está organizado el átomo en su forma estructural; es decir, el estudiante utiliza esta estructura para explicar cómo es que la propiedad se observa. Además, hay una puntualización del sistema, en donde es un único electrón aislado con un átomo solitario. Esto puede ser debido a que los estudiantes simplifican el sistema para lograr explicar con mayor

eficiencia lo que sucede dentro de la propiedad, pero sin abordar a profundidad. De la organización del argumento, se describe la propiedad seguido de las entidades involucradas y se da un por qué centralizándose en las entidades. En esta pregunta se muestra que, cuando se centraliza en las entidades, el estudiante no comprende el fenómeno en una conjunción sino en pequeñas partes que muchas veces pueden ser contradictorias y posteriormente las conjunta para lograr explicar el sistema; dando como resultado una comprensión incompleta y profunda del tema.

Para RC (correlación de conceptos), la mayoría de los estudiantes se abocan solamente al concepto de propiedad y su variación en la tendencia. Es por ello por lo que 57.14% se encuentra en nivel 1 y aparece la posición como causante de la tendencia. Sin embargo, aquí el 8.16% logra alcanzar el nivel 3 integrando conceptos. Cuando el estudiante alcanza este nivel, integra conceptos de estructura (electrones de valencia) y otras propiedades periódicas (radio atómico y energía de ionización). Haciendo un énfasis en que las propiedades periódicas se relacionan entre sí. Mostrando que hay una comprensión a profundidad de los temas.

Por último, en MR un 53.06% no menciona un modelo de manera directa y utiliza ciertas partes. Sin embargo, no utiliza el modelo como herramienta para ejemplificar el sistema si no sólo menciona sus partes. Por esto se queda en un nivel 1. Entonces, el 18.37% ya menciona una parte específica de un modelo. Existen palabras clave para este nivel, diciendo: niveles de energía o capas. Además, no solo ya menciona partes específicas y utiliza estas partes para explicar la tendencia de la propiedad.

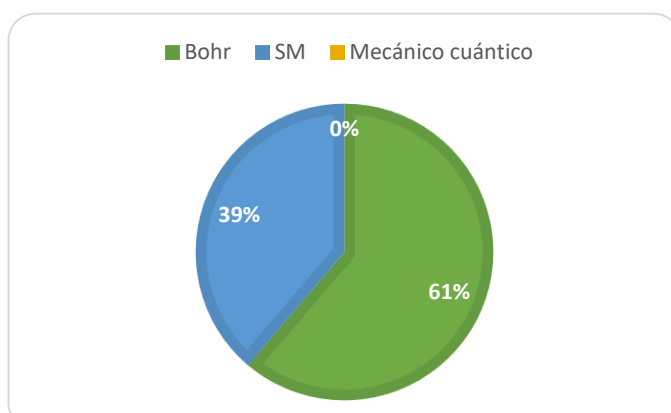


Ilustración 12. Gráfica de modelos utilizados en la pregunta 3 de ENG.

Por esto se queda en nivel 2. Dentro de esa misma característica el 61% de los estudiantes acudieron al modelo de Bohr para explicar la tendencia y el restante con un 39% no utiliza ningún modelo. Aquí, ningún modelo acude al modelo Mecánico

cuántico, esto puede ser debido a que este modelo no se aborda mucho a lo largo del curso (ilustración 12).

Ahora, analicemos un ejemplo:

“El radio aumenta hacia abajo, lo que implica que en la parte de abajo se encuentran los átomos mas grandes, y la electronegatividad disminuye cuando los electrones compartidos y sus capas están mas alejados del núcleo, por lo que la electronegatividad aumenta en sentido contrario al radio, es decir de abajo hacia arriba, o disminuye de arriba hacia abajo.”

Comenzamos con DFE, en esta respuesta se describe la propiedad desde una perspectiva de atracción de electrones compartidos y cómo es que la tendencia cambia. Si bien la descripción no es profunda, identifica que los electrones son compartidos. Por ello, el nivel asignado sería el nivel 3. En IC, explícitamente la única condición establecida es la interacción núcleo-electrón. A diferencia de la característica anterior, aquí no hay mención de un enlace entre átomos. Por eso, su nivel queda en 2.

En el caso de EI, es posible observar que las entidades que reconoce son átomos-núcleo y electrón. Menciona una interacción, pero no profundiza a mayor por qué ni cómo hay esa interacción. Por lo tanto, el nivel asignado es el nivel 2. Y este nivel se repite en AE. Ya que, se mencionan acciones para algunas entidades, donde hay un enfoque en los átomos ya que su acción es atraer en mayor o menor fuerza los electrones. Y no hay mención de alguna actividad por parte de los electrones, ya que los que ejercen acción de movimiento son los átomos sobre ellos.

Para PE, se identifica como propiedad la capacidad de atraer electrones. No hay más propiedades dadas, por esto el nivel sería 1. Por otro lado, OE sí alcanza un nivel 2 establece ambas organizaciones. Al inicio indica el cómo está estructurado el sistema, ejemplifica un átomo con electrones alrededor donde la interacción se da cuando hay una atracción por parte del átomo. En segunda organización es la que existe dentro de la escritura del argumento, donde se comienza mencionando a la

propiedad después a las entidades integrando el cómo se da la variación. Sin embargo, se centraliza en las entidades que son los electrones debido a su lejanía por el aumento del radio atómico. Siendo estas dos las únicas entidades causantes de la variación.

Para RC, añade conceptos como el radio atómico y lo utiliza para explicar la variación de la electronegatividad logrando un nivel 3, ya que las integra y no son usados como argumento mismo.

Por último, MR tiene un nivel 2. Si bien no menciona un modelo en concreto, hay indicios del modelo de Bohr haciendo referencia a un núcleo central y electrones a su alrededor acomodados por capas.

Pregunta 4. Compuestos SO y MgS Respecto a la pregunta anterior, explica por qué consideras que esos son los átomos más electronegativos en dichos compuestos.

Para esta última pregunta, al ser de aplicación consta de dos partes. En la primera se les pide que identifiquen de estas dos sustancias el átomo más electronegativo en cada caso.

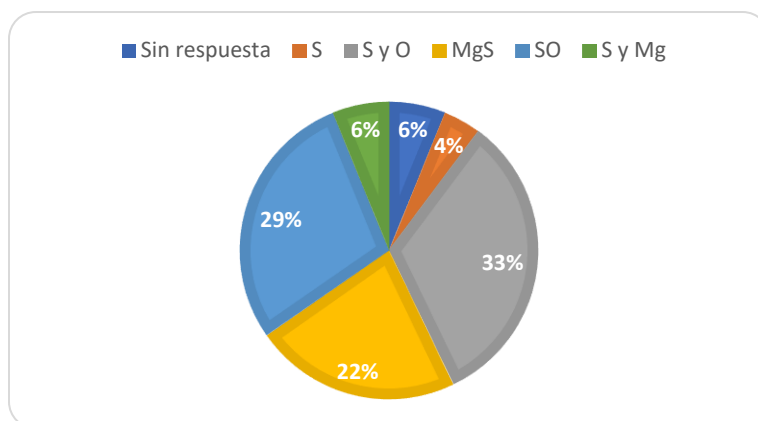


Ilustración 13. Átomos elegidos como los más electronegativos en la pregunta 4 de ENG.

En la ilustración 13, se aprecia que el 33% logra identificar de manera correcta el átomo más electronegativo en cada caso. Sin embargo, un 29% identifica a la sustancia como electronegativa en el caso del óxido de azufre(II) (SO). Y un 22% hace

la misma identificación, pero eligiendo al sulfuro de magnesio (MgS). Esto muestra que no observan la propiedad como particular del átomo, sino como general de la sustancia completa (sistema). Esto resulta importante, ya que, como se aprecia en el problema hay un mismo átomo en diferentes interacciones. Lo cual pone al estudiante a dar una elección bajo criterios necesarios (interacción que tienen, carga del átomo, etc.). Sin embargo, no se está apreciando el análisis de esos criterios cuando se elige a la sustancia y no al átomo.

Para la segunda parte se les pide expliquen porqué eligieron esa como su respuesta, obteniendo lo siguiente:

Tabla 20. Resultados obtenidos de la pregunta 4 de ENG.

Característica	Nivel 0	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Total
DFE	61.22	36.73	2.04	0	100
IC	10.2	87.76	2.04	0	100
EI	87.76	10.2	0	2.04	100
AE	89.8	8.16	2.04	0	100
PE	87.76	10.2	2.04	0	100
OE	87.76	10.2	2.04	0	100
RC	36.73	55.1	6.12	2.04	100
AG	100	0	0	0	100
MR	87.76	8.16	4.08	0	100

Como se observa de forma general, en la tabla 20, la mayoría se encuentra dentro de un nivel 0. Esto es debido a que, muchos estudiantes no respondían o daban respuestas acudiendo a la posición del átomo en la tabla periódica, como en casos anteriores.

Ahora, para DFE (descripción del fenómeno estudiado) el 61.22% se encuentra en un nivel 0 donde no hay una descripción. Ni de la propiedad ni del porque el átomo es más electronegativo en este caso. Cosa que el 2.04% que está en un nivel 2 si hace, pero su descripción hace referencia a la atracción desde una perspectiva de

comparación, es decir simplemente uno de los dos átomos atraerá más los electrones. Además, hace puntualización de estos mismos y no profundiza más allá. En el caso de IC (identificación de condiciones) el nivel uno, con 87.76% no da condiciones más allá. De igual forma solamente establece como condición la tendencia y su posición en la tabla periódica. Por otro lado, en el nivel 2, establece la condición de interacción átomo electrón. Es decir, para esta pregunta el estudiante menciona solamente la interacción que tiene el átomo con el electrón. Se centraliza solamente en este efecto de atracción y por lo tanto no hay otro tipo de condiciones en el sistema y esto se aprecia en el 2.04%.

Para EI (entidades involucradas), la gran mayoría no hace una mención alguna de las entidades existentes del sistema y esto se ve reflejado ya que en el nivel cero se encuentran un 87.73%. Por otro lado, un 2.04% de los estudiantes alcanza un nivel 3, en donde se hace referencia a las entidades importantes del sistema comenzando por electrones y átomos. Pero haciendo un énfasis de que son átomos distintos y las entidades tienen una interacción entre sí.

De la mano con las entidades, AE (actividades de las entidades) un 89.8% de los estudiantes se ubica en el nivel 0. Por otra parte, en el nivel 2 las actividades están enfocadas en dos átomos distintos, pero sólo uno tiene la acción de atraer el electrón. De nuevo hay una minimización de las actividades del sistema; aunque son sustancias compuestas, los estudiantes no identifican el enlace entre los átomos como una actividad, siendo así que el 2.04% logran este nivel.

Asimismo, un gran porcentaje de estudiantes alcanza un nivel cero para PE (propiedades de las entidades) con un porcentaje de 87.76%. Por otra parte, el nivel más alto es el 2 haciendo un énfasis en las propiedades electromagnéticas. En esta pregunta sólo el 2.04% establece como propiedad que los electrones son atraídos por el átomo, sin embargo, el electrón no tiene estas propiedades. También es posible observar que algunos estudiantes mencionan a la propiedad periódica como una propiedad del sistema y no como el fenómeno.

En última instancia y en relación con las entidades se encuentra OE (organización de las entidades), el nivel más alto para esta característica es el 2 con 2.04%. En un inicio la primera organización muestra un átomo solitario a pesar de que existe un enlace dentro de esta sustancia y habla de un único electrón aislado y puntual. En segunda organización, viene la estructura dentro de su respuesta, en la que el átomo es responsable del cambio de la propiedad. Dejando de lado la descripción del fenómeno y centralizándose en las entidades anteriormente mencionadas.

En RC (correlación de conceptos) se retoman conceptos donde busca explicar la variación de esta propiedad en los átomos. Por ello el 2.04% logra alcanzar un nivel 3, añadiendo conceptos como el radio atómico y la energía de ionización y estableciendo una relación entre las propiedades periódicas.

En el caso de AG no hay aparición de analogías durante sus argumentaciones, esto puede ser debido a la abstracción del tema, siendo complejo para los estudiantes el recurrir a ellas.

Por último, un 4.08% de estudiantes alcanza el nivel 2 para MR (modelos representados). Estos resaltan características parecidas a las del modelo de Bohr haciendo un énfasis en niveles de energía que se traslapan y llegan a compartir electrones.

Ahora analizaremos una respuesta:

“El oxígeno y el azufre pertenecen a la familia 16 sin embargo, el Oxígeno está posicionado arriba del azufre y como la electronegatividad aumenta de abajo hacia arriba, el O es más electronegativo que el S. El Mg y S pertenecen al periodo 3 y como la electronegatividad disminuye de derecha a izquierda, el más electronegativo sería el S porque pertenece a la familia 16 y el Mg que pertenece a la familia 2 por lo tanto es el menos electronegativo.”

En un inicio, DFE no presenta una descripción de la propiedad y únicamente hay un reconocimiento a partir de la tendencia, quedando en un nivel 1. Este nivel aplica

también para IC, ya que como se lee la condición inicial recae en la ubicación del elemento en la tabla periódica haciendo caso únicamente a la tendencia.

Cuando hablamos de EI, es posible apreciar que no se menciona ninguna entidad y al no mencionarse se queda en un nivel 0 y como consecuencia AE, PE y OE también tienen ese nivel.

Por último, AG no se encontró y MR tampoco estaba presente, quedando en un nivel cero.

Conclusiones

De forma general, se puede decir que la mayoría de estudiantes de bachillerato argumentan sus respuestas y presentan un cierto tipo de razonamiento mecanístico (RM). Sin embargo, la mayoría se centra en los niveles 1 y 2, los cuales son niveles bajos. Así mismo, las preguntas que se diseñaron en este trabajo permiten obtener respuestas con argumentación. Y al mismo tiempo, evaluar estas respuestas con ayuda de las rúbricas diseñadas. Con la finalidad de obtener el nivel de RM.

En particular se delimitaron los casos de energía de ionización, radio atómico y electronegatividad como las propiedades periódicas a evaluar. Ya que, estas se retoman en otros tópicos y utilizan a futuro en los cursos posteriores. Se diseñó la herramienta con la finalidad de obtener respuestas con argumentación. Las preguntas hechas dieron información relevante. Aquellas preguntas que requieren una descripción y explicación general de la propiedad permiten que se alcancen niveles más altos de RM. Dichos niveles se lograban cuando los estudiantes describían el fenómeno y generaban explicaciones mejor argumentadas y estructuradas. En cambio, cuando se les pedía que explicasen una tendencia en específico, ya sea en un período o en un grupo, disminuye visiblemente el nivel de RM. Esto puede ser debido a que, de manera general, es bien comprendido el cambio, pero el explicar y argumentar la tendencia en un sentido en específico resulta sumamente complejo. Lo que se percibe porque sus respuestas presentan mucha inconsistencia, ya que mencionan causas relacionadas con sus concepciones alternativas y posteriormente las contradicen cuando tienen que explicar la otra tendencia. También es posible observar que, en las preguntas de aplicación regresa el nivel 3 y aumentan los niveles más altos. Esto es porque el pedirles que expliquen tendencias abstractas, sin casos específicos, no sea tan fácil para los estudiantes. Sin embargo, esto se apreció solo en las propiedades de radio atómico y energía de ionización. Ya que, cuando observamos el caso de la electronegatividad, la pregunta de aplicación mostró una casi nula existencia del RM. Incluso omitiendo condiciones importantes para que el fenómeno se lleve a cabo, como el enlace y la compartición de electrones.

Por otra parte, se diseñó una rúbrica de evaluación por cada propiedad periódica. Esta decisión fue crucial para cada herramienta. Ya que, con las pre-rúbricas que se diseñaron y probaron, fue posible encontrar que había información particular e importante para cada propiedad. Y si se diseñaba una única rúbrica para las tres propiedades, estas particularidades quedarían en segundo plano y el análisis de las respuestas no sería tan preciso.

Ahora, como se mencionó en la página 31, cuando observamos las principales concepciones alternativas como dificultades existen unas que son más frecuentes que otras. En el caso de radio atómico, la concepción alternativa relució cuando se les pedía la explicación de la tendencia en un grupo. Donde la argumentación se basaba en el aumento de masa como una causa principal del aumento en el radio atómico. Y en el momento que se les pide explicar la tendencia a lo largo de un periodo comienzan a caer en contradicciones. Sí bien, esta concepción alternativa está basada en las experiencias y conocimientos previos, resulta una dificultad mayor para el aprendizaje de la tendencia de esta propiedad periódica. Además de que al no incluirse conceptos como la carga nuclear efectiva y el efecto apantallamiento hace que persista esta dificultad y las contradicciones.

Siguiendo la línea de las concepciones alternativas, en energía de ionización también se encontró la relación entre esta propiedad con el modelo del octeto. Diciendo que la energía de ionización disminuye ya que se busca una configuración de gas noble.

Mostrando que no hay consideración de otras propiedades del átomo. También se encontró una concepción que no se había mostrado en la literatura para esta propiedad. Que es plantear como sinónimo de la carga nuclear efectiva a la electronegatividad. Que si bien, ambos conceptos tratan de la atracción de electrones, es importante que el estudiante identifique las condiciones en las que se da cada una de estas características. De igual forma, cuando existe esta confusión siempre era apreciable una puntualización del sistema. Hablando de un átomo aislado y un electrón puntual, ignorando completamente la interacción con otros átomos o la existencia de una densidad electrónica.

Además, en el caso de la electronegatividad fue posible observar una gran cantidad de estudiantes se encontraban en niveles bajos de RM. Debido a lo abstracto del concepto y las confusiones del mismo. Como se menciona en la literatura, la memorización de la tendencia resulta más fácil para responder. Viéndose reflejado en todas las preguntas, ya que, había un tipo de respuesta repetitiva. Esta era argumentar con base en la posición del átomo en la tabla periódica. Evidentemente, esto no alcanza algún nivel en el RM. Sin embargo, muestra la dificultad que tienen los estudiantes al momento de explicar y utilizar este concepto.

Con respecto a los modelos, se observa un gran uso del modelo de Bohr tanto como herramienta como explicación del fenómeno. El gran uso del modelo parte de su presencia en el programa de la asignatura, por lo que este modelo es abordado durante todo el semestre que dura ese curso. Sí bien se ven otros modelos, estos solo son de reconocimiento o “cultura general” por lo que, son fácilmente olvidados. Ya que, el trabajo que se hace con ellos es poco por no decir nulo. Ahora, no solamente el modelo de Bohr es elegido por trabajarse constantemente, sino que, resulta ser muy intuitivo para los estudiantes. Y en algunos casos les permite desarrollar la idea del efecto de apantallamiento por el reconocimiento de las capas electrónicas.

En cuanto a la característica AG, no se observó en ninguna respuesta que se usaran analogías para explicar la propiedad o la tendencia. La razón puede ser variada, pero en este caso y a nivel bachillerato, la ausencia puede darse debido a la abstracción del tema. Si bien, en muchos otros tópicos de la química existe un acervo grande para el uso de analogías en el RM. En propiedades periódicas resulta muy complejo el planteamiento de estas. Sin embargo, cuando es posible encontrarlas muestra que la comprensión del tema resulta ser mayor. Ya que, el estudiante es capaz de relacionar, representar y explicar el fenómeno con base en otro ejemplo. Esto muestra que, al tener otra forma diferente a la tradicional para explicarlo con algún otro ejemplo, es capaz de comprender todas las características que implican al fenómeno y como consecuencia aplicarlo en futuros tópicos.

Cabe destacar que existen múltiples estudios sobre razonamiento mecanístico en diversos temas de química (pp. 26) pero no existe alguno que sea enfocado a propiedades periódicas. Sin embargo, el RM puede ser observado en este tópico debido a la causalidad que existe al momento de argumentar el cambio de las propiedades periódicas. Por ello, este estudio deja reconocer qué tanto se logran los objetivos del plan de estudios y qué están aprendiendo los estudiantes. Con base en el nivel de RM obtenido y el nivel de comprensión que tienen. Cabe resaltar que las herramientas utilizadas para la evaluación (rúbricas) requieren de una respuesta correcta para obtener un nivel de RM alto. Ya que, si el estudiante tiene la respuesta incorrecta mostrará inconsistencia en la argumentación y por lo tanto un RM bajo.

Para finalizar, es apropiado decir que este estudio no solamente muestra el nivel de RM que tienen los estudiantes. También muestra muchas de las dificultades de aprendizaje que tienen en el tópico de propiedades periódicas. Dado que, muchas veces el abordarlo desde una metodología de memorización de las tendencias limita la capacidad de aplicación de este tema. De igual forma, aunque se vean de manera aislada dichas propiedades, es necesario el hacer énfasis a los estudiantes que todas estas propiedades están relacionadas entre sí y que estas dan paso a mucho de los fenómenos que se observan día con día. Esto con la finalidad de que la química y este tópico en específico, lleguen más allá que el aula y aunque, no se dediquen a una carrera científica, sean capaces de reconocerlas las causas y sus efectos. Así mismo, desde una perspectiva docente es posible utilizar este estudio y preguntas como un ejercicio de reflexión sobre lo que queremos lograr dentro y fuera del aula.

Bibliografía

Abida, A., Dwiningsih, K., Jauhariyah, M., Saputra, A., Supatro, N. (2018) Minimizing misconception of ionization energy through three-tier diagnostic test. Periódico tchë Química, 15(30), 387-396.

Agudelo, C., Marzábal, A., Izquierdo, M. (2009). Distintas narrativas para un mismo contenido: la Tabla Periódica en los libros de texto. Enseñanza de las Ciencias,

Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 2892–2895.

Akbaş, Y., Meral, E., Şahin, I. (2021) The effects of argumentation-based Teaching Approach on Students' critical thinking disposition and argumentation skills: "Population in our country unit". *International Journal of Psychology and Educational Studies*, 8 (1), 51-74.

Atkins, J. (2009). *Principios de química. Los caminos del descubrimiento*. México: Editorial Médica Panamericana.

Becker, N., Cooper, M., Noyes, K. (2016). Characterizing Students' Mechanistic Reasoning about London Dispersion Forces. *Journal of Chemical Education*, 93(10), 1713-1724.

Bhattacharyya, G. (2013). From Source to Sink: Mechanistic Reasoning Using the Electron-Pushing Formalism. *Journal of Chemical Education*, 90(10), 1282-1289.

Bodner, G. & Domin, D. (2000) Mental Models: The role of representations in problema solving in Chemistry. *University Chemistry Education*, 4(1), 24-30.

Boğar, Y. (2019) Synthesis study on argumentation in science Education. *International Education Studies*, 12(9), 1-14.

Bunce, D. (2009) Teaching is more than lecturing and learning is more than memorizing. *Journal of Chemical Education*, 86 (6), 674-680.

Caspari, I., Graulich, N., Kranz, D. (2018). Resolving the Complexity of Organic Chemistry Students' Reasoning through the Lens of a Mechanistic Framework. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1117-1141.

Çetin, P., Eymur, G., Geban, Ö. (2013) Analysis of the alternative conceptions of preservice teachers and high school students concerning atomic size. *Journal of Chemical Education*, 90 (8), 976-980.

Chang, R. (2010). *Química*. México: McGraw-Hill.

Colvin, R. A., Cooper, M. M., Kararo, A. T., Underwood, S. M. (2019). Predictions and Constructing Explanations: An Investigation into Introductory Chemistry Students' Understanding of Structure-Property Relationships. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(1), 316-328.

Cooper, M. M., Kouyoumdijan, H., Underwood, S. M. (2016). Investigating Students' Reasoning about Acid-Base Reactions. *Journal of Chemical Education*, 93(10), 1703-1712.

Defriati, P., Guspatni, G., Suryelita, S. (2019) Description of learning difficulties on atomic structure and periodic table topics of tenth grade students in SMAN 7 Padang. *Journal of Physics Conf*, 1317.

Dusch, R., Osborne, J. (2002) Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in science Education*, 38 (1), 39-72.

Fischer, F., Kollar, I., Ufer, S., Sodian, B., Hussmann, H., Pekrun, R., Neuhaus, B., Dorner, B., Pankofer, S., Fischer, M., Strijbos, J., Heene, M., Eberle, J. (2014). Scientific reasoning and argumentation: advancing an interdisciplinary research agenda in education. *Frontline Learning Research*, 2(3), 28-45.

Franco, A., Oliva, J., Almoraima M. (2016) Understanding the idea of Chemical Elements and their periodic classification in spanish students aged 16-18 years. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14 (5), 885-906.

Franco, A., Oliva, J., Márquez, B. (2009) Dificultades de aprendizaje en torno a la periodicidad de los elementos químicos: la visión de profesores e investigadores en educación química. *Enseñanza de las ciencias*, 54-57

Franco, M., Oliva, J. (2012) Dificultades de comprensión de nociones relativas a la clasificación periódica de los elementos químicos: la opinión de profesores e investigadores en educación química. *Revista científica*, 16 (2), 53-71.

Garritz, A., Gasque, A. y Martínez, L. (2005). *Química Universitaria*. México: Pearson Prentice Hall.

Glennan, S. (2002). Rethinking mechanistic explanation. *Philosophy of Science*, 69 (3), S342-S353.

Green, D., Watson, G., Watson, J. (2021) Introducing students to the periodic table using a descriptive approach of superheroes, meats, and fruits and nuts. *Journal of Chemical Education*, 98(2), 669-672.

Gutierrez, R., Ogborn, J. (1992) A causal framework for analysing alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, 14 (2), 201-220.

Hogan, K. (2000). Exploring a process view of students' knowledge about the nature of science. *Science Education*, 84(1), 51-70.

Howkin, J., Glasziou, P., Aronson, J.K. (2010). Evidence-based mechanistic reasoning. *Journal of the Royal Society of Medicine*, (103), 433-441.

Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodríguez, A. B., Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry—logical or psychological? *Chemistry education: research and practice in Europe*, 1(1), 9–15.

Kuhn, D. (1991). *The skills of argument*. Cambridge: Cambridge University Press.

Kuhn, D. (1993) Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337.

Langbeheim, E. (2015). Reinterpretation of Students' Ideas When Reasoning about Particle Model Illustrations. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 697-700.

Lehman, J. R., Koran, J. J., Koran, M. L. (1984). Interaction of learner characteristics with learning from three models of the Periodic Table. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(9), 885–893.

- Marzabal, A., Moreira, P., Talanquer, V. (2018). Using a Mechanistic Framework to Characterise Chemistry Students' Reasoning in Written Explanations. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(1), 120-131.
- Necor, D. (2018) Exploring Students' Level of Conceptual Understanding on Periodicity. *International Peer Reviewed Journal*, 33, 136-154.
- Nicoll, G. (2001) A report of undergraduates' bonding misconceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 707-730.
- Nussbaum, E. M., Bendixen, L. D. (2003). Approaching and avoiding arguments: The role of epistemological beliefs, need for cognition, and extraverted personality traits. *Contemporary Educational Psychology*, 28(4), 573-595.
- Ortega Sánchez, D. B. (2020) El razonamiento mecanístico sobre el equilibrio químico de los estudiantes de química general II [Tesis de Licenciatura, UNAM].
- Ramful, A., Narod, F.B. (2014) Proportional reasoning in the learning of chemistry: levels of complexity. *Mathematics Education Research Journal*, 26, 25-46.
- Robertson, A. D., Scherr, R. E. (2015). Productivity of "Collisions Generate Heat" for Reconciling an Energy Model with Mechanistic Reasoning: A Case Study. *Physical Review Special Topics- Physics Education Research*, 11(1), 010111-1 - 010111-16.
- Russ, R., Hammer, D., Mikeska J. (2008). Recognizing Mechanistic Reasoning in Student Scientific Inquiry: A Framework for Discourse Analysis Developed From Philosophy of Science. *Wiley Periodicals*, (92), 499-525.
- Salame, I., Sarowar, S., Begum, S., Krauss, D (2011) Students' alternative Conceptions about Atomic properties and the periodic table. *Chemical Educator*, 16, 190-194.
- Samon, S., Levy, S. (2019) Interactions between reasoning about complex systems and conceptual understanding in learning chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 57 (1), 58-86.

Sevian, H., Bernholt, S., Szteinberg, G., Auguste, S., Pérez, L. (2015) Use of representation mapping to capture abstraction in problem solving in different courses in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 429-446.

Sosa, P. (2008). *Conceptos base de la Química. Libro de apoyo para el bachillerato*. México: UNAM/CCH.

Talanquer, V. (2010). Exploring Dominant Types of Explanations Built by General Chemistry Students. *International Journal of Science Education*, 32(18), 2393-2412.

Talanquer, V., Weinrich, M. (2016). Mapping Students' Modes of Reasoning When Thinking about Chemical Reactions Used to Make a Desired Product. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 394-496.

Tan, K., Taber, K. (2009) Ionization Energy: Implications of Preservice Teachers' Conceptions. *Journal of Chemical Education*, 86 (5), 623-629

Tan, K., Taber, K., Goh, N., Chia, L. (2005) The ionisation energy diagnostic instrument: a two-tier multiple-choice instrument to determine high school students' understanding of ionization energy. *Chemistry Education Research and Practice*, 6(4), 180-197.

Toulmin, S. E. (1990). *The uses of argument* (10th ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

Anexo

A continuación, se muestran respuestas correctas para cada pregunta. Estas fueron dadas por expertos en la materia y tienen un nivel 3 de RM en todas las características.

Energía de ionización

Describe qué es la Energía de Ionización y explica por qué esta propiedad varía entre los distintos elementos.

La cantidad de energía que se requiere para que un átomo neutro y aislado en fase gas pierda un electrón y de lugar a la formación de un catión de la misma especie química, es la energía de ionización (1a energía de ionización). Esta propiedad depende de la energía de los electrones en un átomo, cada átomo interacciona a diferente energía con cada electrón que posee por tener diferente número de protones, de esta manera la energía de ionización varía de manera distinta entre los elementos químicos.

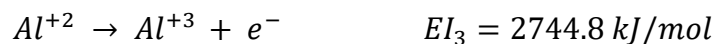
¿Por qué consideras que dentro de un periodo la energía de ionización aumenta de izquierda a derecha?

Esta tendencia general es el resultado de correlacionar la carga nuclear efectiva con la energía de ionización: la energía de ionización es proporcional al cuadrado de la carga nuclear efectiva. Ésta última, a su vez, depende de la configuración electrónica de cada especie, pero en un periodo, la configuración electrónica de los átomos mantiene los mismos orbitales de valencia pero con diferente número de electrones (más electrones conforme nos desplazamos a la derecha del periodo). Esta diferencia de población de electrones implica un apantallamiento menos eficaz entre electrones (0.35 de acuerdo con las reglas de Slater) lo que se traduce en un incremento en la carga nuclear efectiva a medida que nos desplazamos a la derecha de un periodo.

¿Por qué consideras que dentro de una familia la energía de ionización aumenta de abajo hacia arriba?

Dentro de un grupo la energía de ionización aumenta de abajo hacia arriba porque los electrones más externos de los elementos de un grupo se encuentran en niveles de número cuántico principal cada vez menor y, por lo tanto, cada vez son más atraídos por sus núcleos respectivos (se encuentran a menor distancia del núcleo y están menos apantallados por los electrones internos).

Observa las siguientes energías de ionización y explica, ¿por qué consideras que la tercera energía de ionización del Aluminio es mayor que la del Indio si ambas son la tercera energía de ionización?



Como la energía de ionización se puede asociar a la energía de los electrones, tiene sentido que las energías de ionización de las especies analizadas sean diferentes entre sí, debido a que se tratan de átomos químicamente diferentes. Por otra parte, el hecho de que la tercera energía de ionización de Al sea mayor que la correspondiente para In se puede justificar con el hecho de que el electrón que se quita para Al está en un nivel 3s, mientras que el electrón de In estaría en un nivel 5s. Como la energía de ionización es inversamente proporcional al cuadrado del número cuántico principal, se puede inferir que la tercera energía de ionización de In deberá ser menor que la correspondiente para Al. Esto no solo es válido para la tercera energía de ionización, sino que también para las demás energías de ionización.

Radio atómico

Describe qué es el Radio Atómico y explica por qué esta propiedad varía entre los distintos elementos.

Podemos definir el radio atómico como la mitad de la distancia de enlace químico que ocurre entre dos átomos químicamente equivalentes. En este sentido se pueden considerar diversos tipos de radios atómicos, siendo el radio covalente y el metálico los más representativos. Esta clasificación se debe al tipo de compuesto en el que se determinó la distancia de enlace correspondiente. Si consideramos el modelo de mecánica cuántica para estudiar el radio atómico, nos conviene evaluar la función de distribución radial, en estas funciones existe un máximo en torno al cual la probabilidad de hallar al electrón es máxima, es posible correlacionar este máximo con el radio atómico de los elementos. Dicho máximo en la función es proporcional al número cuántico principal del electrón e inversamente proporcional

al valor de la carga nuclear efectiva. De forma análoga a las energías de ionización, estos parámetros son diferentes para cada átomo y electrón (más externo) lo que justifica el hecho de que el radio atómico sea diferente para cada elemento.

¿Por qué consideras que dentro de un periodo el radio atómico disminuye de izquierda a derecha?

Considerando que el radio atómico es inversamente proporcional a la carga nuclear efectiva y que ésta aumenta hacia la derecha de un periodo, el resultado es que el radio atómico de los elementos de un mismo periodo disminuye conforme nos desplazamos hacia la derecha.

¿Por qué consideras que a lo largo de una familia el radio atómico aumenta?

Porque aumenta el número de protones, por lo tanto aumenta n . De acuerdo al cuadrado de función radial de la función de onda electrónica cuando aumenta n , los electrones se encuentran más alejados del núcleo. Por lo tanto el núcleo ejerce menor fuerza sobre ellos.

Observa los siguientes radios atómicos. Explica por qué consideras que existe esa variación de tamaño de radio.

Litio (Li) RA = 157 pm

Flúor (F) RA = 71 pm

Cesio (Cs) RA = 272 pm

Lo primero que debería definirse, para poder hacer la comparación, es qué modelo se está empleando para definir los valores pues Li y Cs son sólidos metálicos pero F es un sistema con enlace covalente. En el caso de Cs, el orbital ocupado por el último electrón es muy extenso y es por eso tiene el mayor tamaño. En la comparación entre Li y F, que tienen el mismo número cuántico principal, la disminución del tamaño en

F puede adjudicarse al incremento en la carga nuclear efectiva que experimenta el último electrón.

Electronegatividad

Describe qué es la Electronegatividad y explica por qué esta propiedad varía entre los distintos elementos.

La definición y descripción de la electronegatividad depende en gran medida del modelo empleado para determinarla. Por ejemplo, el primer modelo (de Pauling) considera que la electronegatividad (estrictamente es la diferencia de electronegatividad) está relacionada con una interacción de naturaleza no covalente que ocurre en sustancias cuyo enlace se consideraba covalente, lo que hoy conocemos como enlace covalentes polares. Por otra parte, existe la electronegatividad de Mülliken, la cual se obtiene por medio del promedio de la energía de ionización y la afinidad electrónica de un átomo. La electronegatividad de Mülliken está relacionada con el potencial químico del átomo en cuestión. Ya sea potencial químico o energías de enlace, el concepto de electronegatividad busca correlacionar diversas propiedades químicas de los átomos y sustancias.

¿Por qué consideras que la tendencia de la electronegatividad aumenta de izquierda a derecha en un periodo?

Considero que la tendencia de la electronegatividad aumenta de izquierda a derecha en un periodo porque se considera la escala de Mulliken de electronegatividad que esta relacionada directamente con otras dos propiedades periódicas, la energía de ionización y la afinidad electrónica, dichas propiedades tienen esa tendencia.

¿Por qué consideras que la tendencia de la electronegatividad disminuye de arriba hacia abajo en una familia?

Considero que la tendencia de la electronegatividad disminuye de arriba hacia abajo en un grupo porque se considera la escala de Mulliken de electronegatividad que esta relacionada directamente con otras dos propiedades periódicas, la energía de ionización y la afinidad electrónica, siendo la energía de ionización quien impone esta tendencia en la electronegatividad para un grupo

Observa los siguientes compuestos y determina cuál de los átomos sería el más electronegativo en cada caso.

SO

MgS

Respecto a la pregunta anterior, explica por qué consideras que esos son los átomos más electronegativos en dichos compuestos.

El oxígeno es más electronegativo sobre el azufre. El azufre es más electronegativo que el magnesio. Es con base a los estudios de Pauling que permitieron determinar el valor de la diferencia de electronegatividad para muchos enlaces heteronucleares, cabe aclarar que se debía asumir la electronegatividad de un átomo para conocer los demás valores de electronegatividad.