



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

**ADECUACIÓN, APLICACIÓN Y ANÁLISIS DE UN
CUESTIONARIO PARA EVALUAR CONCEPCIONES
ALTERNATIVAS SOBRE CELDAS ELECTROQUÍMICAS.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA**

PRESENTA

ALEJANDRA TAGLE BARRIOS



CDMX

2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: RAMOS MEJÍA AURORA DE LOS ÁNGELES
VOCAL: MALDONADO HERMENEGILDO ANA LAURA
SECRETARIO: TURCIO ORTEGA DAVID
1° SUPLENTE: VILLARREAL MEDINA ALINE
2° SUPLENTE: AGUILAR MARTÍNEZ MARTHA

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA: LABORATORIO
112 DE POSGRADO. EDIFICIO B, FACULTAD DE QUÍMICA,
UNAM.**

ASESOR DEL TEMA:

DRA. AURORA DE LOS ÁNGELES RAMOS MEJÍA

SUSTENTANTE (S):

ALEJANDRA TAGLE BARRIOS

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo brindado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), a quienes agradezco por otorgarme la beca PAPIIME PE200423.

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
MARCO TEÓRICO	5
Conceptos Químicos	5
Reacciones de oxidación-reducción.....	5
Equilibrio químico.....	6
Electroquímica.....	10
Enseñanza de la Química	13
Breve historia.....	13
Triángulo de Johnstone.....	14
Investigación educativa en Química	16
Concepciones alternativas.....	16
Desarrollo de una evaluación	17
OBJETIVOS.....	20
Objetivo general	20
Objetivos específicos.....	20
METODOLOGÍA	21
Primer prototipo	22
Segundo prototipo	24
RESULTADOS.....	26
Prototipo 1.....	26
Prototipo 2.....	29
ÍTEM #1.....	30
ÍTEM #2.....	38
ÍTEM #3.....	47
ÍTEM #4.....	54
ÍTEM #5.....	62
ÍTEM #6.....	68
ÍTEM #7.....	76
ÍTEM #8.....	84
PRIMER SEMESTRE	92
SEGUNDO SEMESTRE	94

CUARTO SEMESTRE.....	98
CUARTO/QUINTO SEMESTRE.....	101
CONCLUSIONES.....	110
REFERENCIAS	113
ANEXO I.....	117
Prototipo 1 (sin responder).....	117
Prototipo 1 (con las respuestas esperadas)	139
Prototipo 2 (sin responder).....	155
Prototipo 2 (con las respuestas esperadas)	167
ANEXO II	176
Mapa Wright de Química General I (Tabla 30)	176
Mapas Wright de Física 2 (Tablas 31 y 32)	177
Mapa Wright de Química Analítica I (Tabla 33).....	179
Mapa Wright del grupo 2 de Electroquímica (Tabla 34)	180
Mapa Wright del grupo 5 de Electroquímica (Tabla 35)	181

RESUMEN

En este trabajo se describe cómo se desarrolló una herramienta para evaluar las concepciones alternativas sobre celdas electroquímicas que posee el estudiantado de la Facultad de Química de la UNAM al ingresar a diversas asignaturas desde primero hasta quinto semestre.

El segundo prototipo del cuestionario desarrollado consta de ocho preguntas de uno o dos escalones y una escala de seguridad al responder. Las respuestas obtenidas son analizadas y organizadas mediante un modelo de clasificación que permite identificar si el estudiantado responde correctamente porque eligieron la respuesta al azar o porque confían en su conocimiento; por otro lado, también permite identificar si las respuestas incorrectas se obtuvieron porque el estudiante desconoce el concepto o fenómeno sobre el cual se le está preguntando o si se trata de una concepción alternativa que tiene el estudiante.

Se encontró que los estudiantes poseen concepciones alternativas sobre: los conceptos de cátodo y ánodo, el proceso de electrólisis, la dirección del flujo electrónico en una celda electroquímica, equilibrio químico, la función del puente salino, el fenómeno de electrodeposición y los conceptos de celda electrolítica y galvánica. En esta tesis se analiza la progresión de estas concepciones alternativas desde primer semestre hasta quinto y se jerarquiza cuáles son las concepciones alternativas más prevalentes en la población estudiada.

INTRODUCCIÓN

La electroquímica es una rama de la química que ha ganado popularidad e importancia gracias a sus contribuciones en industrias como las de las baterías de litio, las cuales se han convertido en las baterías más populares para brindar energía a dispositivos móviles como smartphones (Julien et al., 2016); también es de gran importancia en ámbitos como las pilas de combustible, los procesos de producción de metales como el aluminio y el titanio, la protección a la corrosión de metales como el hierro mediante la electrodeposición de inhibidores en su superficie, el análisis cualitativo de biomoléculas como las proteínas a través de electroforesis, el desarrollo de dispositivos médicos como marcapasos, así como la ingeniería electroquímica de nanomateriales y dispositivos que tienen una gran importancia en la electrónica, la óptica y los cerámicos (Paradowski, 2022).

Por ello, la Facultad de Química de la UNAM contempla el aprendizaje de la electroquímica y sus diversas áreas en asignaturas, tanto obligatorias como optativas, para las 6 licenciaturas que oferta en la actualidad.

Sin embargo, se han detectado y descrito las dificultades enfrentadas por los estudiantes para comprender y explicar correctamente lo que ocurre en los procesos electroquímicos, incluyendo el entendimiento sobre electrolitos, el transporte electrónico en disoluciones electrolíticas, y el funcionamiento de los electrodos (Brandriet, 2014; Lu et al., 2020; Rahayu et al., 2011; Sanmartín et al., 2014; Schmidt et al., 2007).

Las concepciones alternativas son aquellos conceptos en la mente de los estudiantes que no son consistentes con los conceptos científicos;

estas concepciones alternativas frecuentemente dificultan que el estudiante pueda profundizar más en su entendimiento conceptual y su habilidad de resolver problemas prácticos (Lu et al., 2020).

Sobre electroquímica, las concepciones alternativas que se han reportado (Brandriet & Bretz, 2014; Karslı & Çalik, 2012; Lu et al., 2020; Osman, 2013; Özkaya et al., 2003; Rahayu et al., 2011) comprenden concepciones alternativas sobre los electrodos, conducción electrónica en electrodos y electrolitos, equilibrio electroquímico y reacciones electroquímicas.

Autores como Lu (2020), Osman (2013), Rahayu (2011) y Yürük (2007) estudiaron estas concepciones alternativas en estudiantes de bachillerato, mientras que Brandriet (2014), Karsli (2012) y Özkaya (2003) lo hicieron a nivel licenciatura en países como China, Malasia, Indonesia, Japón, Turquía y Estados Unidos.

Dentro de estos trabajos, se han propuesto metodologías para detectar estas concepciones alternativas (Brandriet & Bretz, 2014; Karslı & Çalik, 2012; Lu et al., 2020; Osman, 2013; Özkaya et al., 2003; Rahayu et al., 2011), así como algunas propuestas para tratar de remediarlas mediante el uso de CCTs (Conceptual Change Texts, *Textos de Cambio Conceptual*) (Yürük, 2007).

En general, la metodología reportada para detectar las concepciones alternativas que poseen los estudiantes contienen los siguientes pasos clave: delimitación del tema que se analizará, revisar las concepciones alternativas que ya han sido reportadas en esa área, diseñar un cuestionario que explore las posibles concepciones alternativas, aplicar el cuestionario a la población de estudio, analizar las respuestas obtenidas y reportar los resultados pertinentes de acuerdo con el objetivo de cada investigación.

En este proyecto, se propone un cuestionario que permita determinar las concepciones alternativas sobre celdas electroquímicas que se encuentran presentes en la población estudiantil perteneciente a las licenciaturas de Química e Ingeniería Química de la Facultad de Química de la UNAM.

MARCO TEÓRICO

CONCEPTOS QUÍMICOS

Reacciones de oxidación-reducción.

La interconversión de especies químicas se denomina "reacción química". (Gold, 2019).

Las reacciones químicas se pueden clasificar dependiendo de qué partícula es transferida en el proceso de interconversión en:

- Reacción ácido-base: la partícula intercambiada es el protón (H^+).
- Reacción de oxidación-reducción: la partícula intercambiada es el electrón (e^-).
- Reacción de coordinación: la partícula intercambiada es un ligante (L).

En este trabajo, se hará especial énfasis en el estudio de las reacciones de oxidación-reducción, también conocidas como reacciones redox.

Las reacciones redox son aquellas donde ocurre una transferencia simultánea de electrones de un átomo a otro (Renneboog, 2022). Dicha transferencia electrónica puede verse reflejada en un cambio en el estado de oxidación de los elementos que participan en la reacción.

El estado de oxidación, también llamado número de oxidación es la carga hipotética que tendría un átomo específico si, al unirse a otro átomo, se hiciera una transferencia completa de electrones entre ellos, es decir, la carga que tendría cada átomo si el compuesto fuera iónico. (Gold, 2019). Esta carga no debe interpretarse como la carga formal de un átomo, a menos que éste se encuentre en un compuesto iónico disociado o fundido.

Cuando el estado de oxidación de un átomo aumenta, se dice que experimentó una oxidación, la cual se define como la pérdida de electrones de un átomo específico. Dichos electrones son transferidos a otro átomo, lo que se denomina reducción. Así, cuando un átomo se reduce, su estado de oxidación disminuye.

Equilibrio químico.

El concepto de equilibrio se utiliza en diversas disciplinas, generalmente hablando de un estado donde no existirán cambios si no hay una perturbación externa. (Scholz & Kahlert, 2019).

Generalmente, se entiende al equilibrio como un estado estático en el que se encuentra un sistema que ya no experimentará cambios. Sin embargo, en la química, el concepto de equilibrio se debe comprender desde una idea de equilibrio dinámico, esto quiere decir que existe una constante interconversión entre reactivos y productos de una reacción específica.

Las reacciones reversibles son aquellas en las que parte de los productos formados vuelve a reaccionar para formar productos. En este caso, se designan estos nombres de acuerdo con la convención para escribir reacciones químicas, la cual indica que los compuestos y elementos ubicados a la izquierda de la(s) flecha(s) de reacción corresponden a los reactivos y aquellas especies químicas a la derecha de la(s) flecha(s) serán productos.

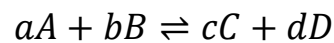
En estas reacciones, Scholz y Kahlert (2019) mencionan dos criterios que se cumplen cuando alcanzan el equilibrio:

Uno macroscópico, que se caracteriza por una completa constancia de concentraciones de todas las especies participantes.

Otra es a nivel atómico o molecular, estableciendo que la velocidad de reacción hacia productos y reactivos es igual en ambas direcciones.

La constante de equilibrio es una expresión que permite estudiar el aspecto macroscópico del equilibrio químico.

Para una reacción dada:



La expresión de constante de equilibrio, en términos de concentraciones, K_c , se define como:

$$K_c = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

De esta manera, mientras mayor sea la concentración de los productos al equilibrio, mayor será el valor de K_c y viceversa.

Cabe resaltar que el subíndice "c" en K_c es diferente al coeficiente estequiométrico del producto "C" y se utiliza en este caso ya que su cálculo se basa en las concentraciones de reactivos y productos, pero existen otros tipos de constantes de equilibrio, como K_p , que se calcula a partir de presiones parciales; y K , que se calcula a partir de actividades.

Así, se observa que sólo concentraciones, presiones parciales o actividades tendrán algún efecto sobre el valor de la constante de equilibrio, por lo que líquidos y sólidos puros, cuya concentración es constante y cuya actividad es igual a 1, no afectarán el valor de la constante de equilibrio.

Un aspecto que resulta de especial interés en el estudio de equilibrio químico y el valor de la constante de equilibrio es cómo se ven afectados por factores externos, como pueden ser las modificaciones

en: la cantidad de reactivos o productos, la presión, el volumen o la temperatura del sistema.

La forma más común en la que se aborda dicho problema es mediante el principio de Le Châtelier, químico francés quien, en 1884, expresó la siguiente regla empírica:

“Cualquier sistema en un equilibrio químico estable, sometido a la influencia de una causa externa que tiende a cambiar o su condensación (presión, concentración, número de moléculas por unidad de volumen), ya sea en su totalidad o en alguna de sus partes, puede sufrir tales modificaciones internas que, si se produjeran solas, provocarían un cambio de temperatura o de condensación del signo opuesto al resultante de la causa externa.”

Algunos de los factores que se pueden modificar son: las concentraciones de reactivos o productos, presión, volumen, adición de catalizadores y cambios en la temperatura.

Modificar la concentración, la presión y el volumen de una reacción en equilibrio, modificará las cantidades de reactivos y productos presentes en la mezcla de reacción de tal manera que se mantenga el valor de la constante de equilibrio.

Por otro lado, al adicionar un catalizador a la reacción, aumentarán las velocidades de reacción, pero tampoco se modificará el valor de la constante de equilibrio.

Sin embargo, al modificar la temperatura de la reacción, se modificará el valor de la constante de equilibrio, esto se debe a la definición termodinámica de la constante de equilibrio, K , la cual no se explorará a profundidad en este trabajo.

Es importante resaltar que el principio de Le Châtelier tiene limitaciones y concepciones alternativas asociadas; Quílez (2021) explora principalmente problemas sobre:

(i) las afirmaciones y explicaciones erróneas, dificultades y concepciones alternativas sobre el principio de Le Châtelier; (ii) las dificultades del lenguaje relativas a la ambigüedad y la mala comprensión de las diversas formas en las que es planteado el principio; (iii) las limitaciones experimentales y excepciones del planteamiento original de este principio cualitativo; (iv) exámenes oficiales y programas de estudio de química; (v) investigación educativa.

Tabla 1. Explicaciones y ejemplos de las problemáticas descritas sobre la enseñanza y aplicación del principio de Le Châtelier.

Tipo de problema observado	Explicación
Afirmaciones y explicaciones erróneas, dificultades y concepciones alternativas sobre el principio de Le Châtelier	Los estudiantes predicen que, cuando la temperatura de un sistema aumenta, el valor de la constante de equilibrio siempre aumenta
Dificultades del lenguaje relativas a la ambigüedad y la mala comprensión de las diversas formas en las que es planteado el principio	Las palabras utilizadas en los libros de texto y las explicaciones pueden ser vagas y polisémicas dependiendo del contexto en que se empleen, por lo que aumentan la confusión de los estudiantes
Limitaciones experimentales y excepciones del planteamiento	Experimentalmente, se han observado situaciones que no cumplen con las predicciones

original de este principio cualitativo	realizadas empleando el principio de Le Châtelier.
Exámenes oficiales y programas de estudio de química	Se han observado que las personas encargadas de diseñar los programas de estudio y las exámenes oficiales favorecen el aprendizaje algorítmico que ofrece el principio de Le Châtelier por su aparente facilidad de aplicación, ignorando sus limitaciones
Investigación educativa	Se han diseñado diversos estudios para determinar las concepciones alternativas sobre equilibrio químico que poseen tanto estudiantes como profesores, y se han observado las problemáticas discutidas con anterioridad, así como una falta en la divulgación de las limitaciones que presenta la aplicación algorítmica del principio de Le Châtelier y la ausencia de una propuesta ampliamente aceptada de cómo enseñar el concepto de equilibrio químico

Electroquímica.

La electroquímica estudia procesos químicos que producen o requieren electricidad. De esta manera, la electroquímica es una rama de la química que estudia muchos de los procesos y dispositivos que son

utilizados en el desarrollo tecnológico y científico de la vida moderna, así como en la vida cotidiana, por ejemplo: baterías, celdas de combustible, protección a la corrosión, métodos analíticos, entre muchas otras aplicaciones.

Una celda electroquímica está formada por dos electrodos conductores eléctricos sumergidos o en contacto con un electrolito. Los electrodos deben ser conductores eléctricos para permitir la conducción de electrones en el material, y el electrolito debe estar presente ya que los electrones no pueden existir "solos" en disolución, la carga es transportada de un electrodo a otro mediante iones, que son átomos o moléculas con carga. Estos iones son los que están presentes en el electrolito, lo que destaca su importancia en la celda, y son las entidades químicas que participarán en una reacción redox heterogénea en la interfase de los electrodos. Moléculas neutras también pueden participar en estas reacciones en la interfase para producir iones. (Petrovic, 2021)

A continuación, se profundizarán estos conceptos. En primer lugar, los electrodos se pueden clasificar en cátodo y ánodo. El cátodo es el electrodo en donde ocurre la reducción y el ánodo es el electrodo donde ocurre la oxidación.

Adicionalmente, en una celda electroquímica, se observan dos tipos de conductividades. Por un lado, se tiene la conductividad electrónica, la cual se refiere al movimiento de electrones a través de un conductor metálico; por otro lado, la conductividad iónica se refiere al movimiento de iones en un electrolito. Un electrolito es un medio que permite la conducción de iones y puede ser una disolución, un sólido, una sal fundida o un polímero. Este medio sólo permite el flujo de iones mas no de electrones, así como los conductores metálicos sólo permiten el flujo de electrones mas no de iones.

El transporte de carga a través de la interfaz entre un electrodo (conductor eléctrico) y un electrolito (conductor iónico) depende de una variedad de factores, como la temperatura, la presión, la concentración de iones, la homogeneidad del electrolito, la rugosidad de la superficie del electrodo, la magnitud del potencial eléctrico aplicado o generado y la corriente eléctrica. Esta última se entiende como el flujo de carga eléctrica que se mueve a través de electrones en un cable o iones en un electrolito y está principalmente regulada por los procesos de transferencia de electrones y transporte de masa. (Perez, 2016). La conductividad electrónica se refiere al movimiento de electrones en un conductor metálico, mientras que la conductividad iónica se refiere al movimiento de iones a través de un electrolito. Los electrones conducen la electricidad en conductores sólidos, pero no pueden existir aislados en disoluciones, reaccionando rápidamente con cationes. Por otro lado, los iones pueden conducir electricidad en solución, pero no lo pueden hacer a través de conductores sólidos. (Petrovic, 2021). En la figura 1 se puede observar la representación esquemática de este flujo electrónico en una celda galvánica y en la figura 2 en una celda electrolítica.

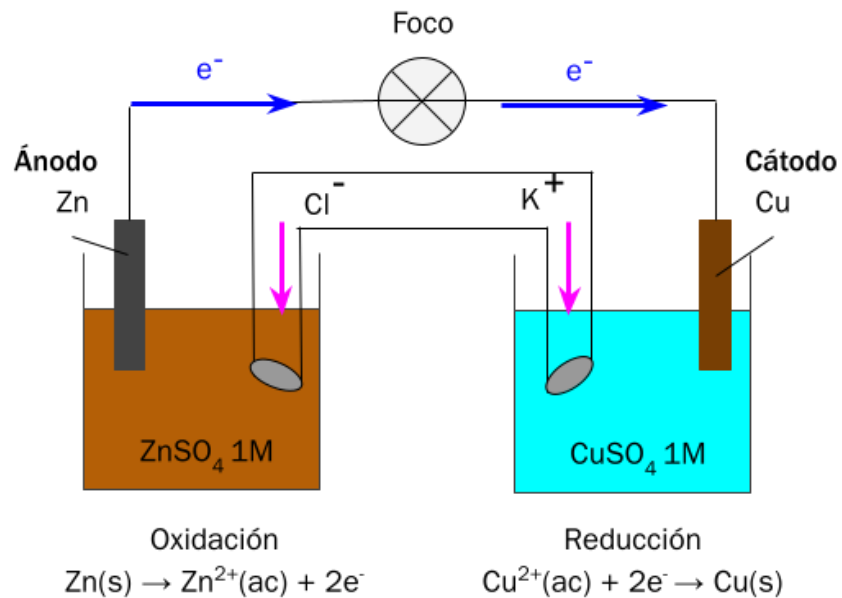


Fig. 1. Adaptación del esquema "Celda galvánica" del libro *Química* (página 817) donde se ejemplifica la dirección del flujo electrónico en una celda galvánica. (Chang et al., 2017).

El componente del sistema que une las dos semiceldas en este diagrama se conoce como puente salino, y es un tubo en forma de U que permite el flujo de iones para balancear las cargas que se producen en los procesos de oxidación y reducción de cada semicelda. (Perez, 2016).

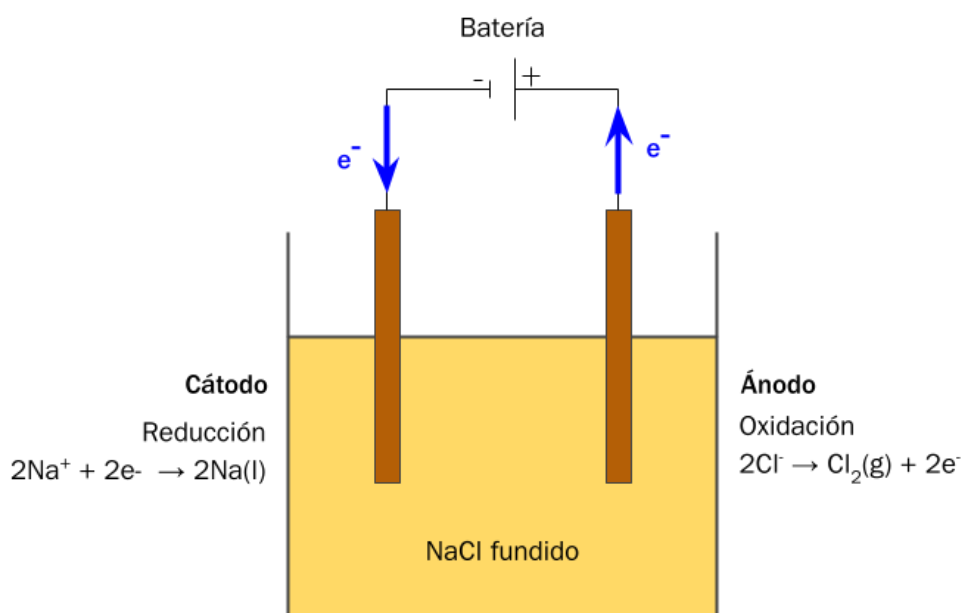


Fig. 2. Adaptación del esquema "Celda electrolítica" del libro *Química* (página 842) donde se ejemplifica la dirección del flujo electrónico en una celda electrolítica. (Chang et al., 2017).

ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

Breve historia

La química se comenzó a enseñar por la necesidad que existía para aplicar los conocimientos obtenidos en las diversas industrias que empezaban a desarrollarse, como en la síntesis de fertilizantes. Así,

las primeras clases de química que se impartían tenían un objetivo claro y limitado: brindar a los estudiantes suficiente conocimiento técnico para que puedan replicar los procesos que se han desarrollado, pero no se buscaba que se lograra un aprendizaje significativo. Desde finales del siglo XIX y hasta mediados del siglo XX, se observó que la educación química se regía por las opiniones personales de los docentes de química, las cuales no se basaban en observaciones y estudios experimentales, sino en lo que Cooper y Stowe (2018) definen como "empirismo personal". Por ejemplo, el libro *Chemistry: Principles and Properties* (Química: Principios y Propiedades) de los autores Sienko y Plane fue planificado utilizando el sistema del "cabeceo": los autores colocaron en el libro, que se utilizó como una guía esencial para el desarrollo de los currículos de química, todos los temas que no provocaban cabeceos en sus estudiantes, sin tomar en cuenta los aprendizajes esperados y los conceptos esenciales que deberían enseñarse a futuros profesionistas de la química.

Esta forma de comprender el proceso de enseñanza-aprendizaje de la química comenzó a transformarse a partir de la publicación del trabajo del psicólogo clínico Jean Piaget en la década de 1960, uno de los pioneros y autores más importantes, junto con Lev Vygotsky, de la teoría del constructivismo, la cual establece que nuevas ideas emergen a partir de ideas preexistentes y son construidas por el estudiante, no transferidas del instructor. El constructivismo ha sido una de las ideas más importantes en el área de la investigación de la educación química. (Cooper & Stowe, 2018).

Triángulo de Johnstone

Otro trabajo que cambió la forma en la que se piensa en el aprendizaje y la enseñanza de la química es el desarrollado por Johnstone en 1982,

Macro- and Microchemistry (Macro- y microquímica), en el que señala que el aprendizaje de la química abarca representaciones en tres niveles diferentes: el macroscópico, el simbólico y el submicroscópico o particulado. (Cooper & Stowe, 2018).

El nivel macroscópico es el nivel más concreto y se basa en observaciones y vivencias adquiridas a través de la realización de actividades en el laboratorio, o en su defecto, de la exploración de material audiovisual (como videos o fotografías) que reflejen la existencia más concreta de los compuestos o fenómenos que se estudien.

El nivel submicroscópico se refiere a un nivel de representación intermedio entre lo concreto y lo abstracto, ya que consta de diagramas, animaciones u otros medios de visualización donde se observa, por ejemplo, la interacción entre átomos, iones y moléculas en un proceso químico.

El nivel simbólico es el nivel más abstracto, ya que aborda los problemas químicos a través de fórmulas químicas, ecuaciones, cálculos y expresiones matemáticas, las cuales no pueden observarse directamente en un laboratorio, por ejemplo, pero sí sirven para establecer relaciones y dar explicaciones a lo observado. (Suits, 2015)

Estos tres niveles muestran la complejidad del aprendizaje de la química y sugieren que una comprensión completa de la química requiere una conexión entre un nivel y otro. Adicionalmente, permiten a los estudiantes participar en prácticas de modelado al utilizar los diferentes niveles para visualizar lo no observable, describir relaciones complejas y superar restricciones espaciales y temporales. Promover un pensamiento químico más sofisticado en el estudiantado implica que estos sean capaces de transitar entre los tres vértices para explicar un fenómeno químico, pero esto requiere una carga cognitiva importante

por lo que deben introducirse paulatinamente en el aula. (Wu & Yeziarski, 2022).

Investigación educativa en Química

Cooper y Stowe (2018) destacan que el constructivismo, la propuesta del triángulo de Johnstone y el desarrollo de la educación química han definido a la investigación educativa de la química como un campo que se centra en responder:

- ¿Qué deberían de saber y qué deberían ser capaces de hacer los estudiantes con ese conocimiento?
- ¿Cómo se sabrá que los estudiantes han desarrollado un entendimiento coherente y útil sobre la química?
- ¿Qué evidencia se tiene sobre cómo ayudar a los estudiantes a desarrollar una comprensión profunda y robusta de la química?

Aunque no todas las investigaciones educativas tienen la intención de responder estas tres preguntas al mismo tiempo, se consideran cuestiones esenciales para seguir mejorando la comprensión de la enseñanza de química.

Concepciones alternativas

Las concepciones alternativas son todas aquellas ideas que tienen los estudiantes que no coinciden con los conceptos aceptados por la comunidad científica, los cuales son consistentes y describen fenómenos científicos de forma congruente. Se ha estudiado que el lograr que un estudiante cambie su concepto mental es muy difícil, ya que las concepciones alternativas no desaparecen simplemente con enseñar; el estudiante debe profundizar su conocimiento para poder identificar las incongruencias que su concepto alternativo tiene cuando

enfrenta una situación problemática. Dentro de la investigación educativa, se han empleado y diseñado muchas formas de investigar y determinar cuáles son los conceptos que los estudiantes han aprendido o los que tienen en su mente de forma alternativa. (Lu et al., 2020).

Desarrollo de una evaluación

Los investigadores de la educación química han desarrollado y explorado diversos instrumentos para poder identificar las concepciones alternativas que se tienen sobre un tema. (Lu et al., 2020)

Para poder proponer una herramienta de evaluación se debe delimitar qué procesos cognitivos se esperan observar en la población de estudio. En 1956, el psicólogo y pedagogo estadounidense, Benjamin Bloom estableció una jerarquía para los procesos cognitivos que se pueden observar en el alumnado: recordar, comprender, aplicar, analizar, sintetizar y evaluar. Lu (2020) señala que las preguntas de opción múltiple son adecuadas para evaluar el manejo conceptual de los estudiantes principalmente a nivel "recordar" y "comprender"; mientras que las preguntas abiertas, al permitir que los estudiantes articulen las respuestas en sus propias palabras, permite también estudiar el nivel de "aplicar" y "analizar".

Una vez que se ha desarrollado un cuestionario para determinar las concepciones alternativas que se tienen sobre un tema específico, generalmente se analiza utilizando el método Rasch (Kılıç & Sağlam, 2009; Lu et al., 2020; Osman & Lee, 2013), el cual es un modelo logístico de un parámetro que estima la dificultad de los ítems y la habilidad de cada estudiante individual para resolver el cuestionario analizado. Este tipo de estudio requiere valores dicótomos para poderse realizar, por lo que los ítems se deben evaluar en un modelo

de “todo o nada”, siendo solamente las respuestas 100% correctas las que se consideran como 1 y todas las demás respuestas se consideran como 0. (Lu et al., 2020).

Winsteps® es el software que se utiliza para poder realizar un análisis con el método Rasch. Con este software se pueden construir mapas Wright, anteriormente conocidos como mapas persona-ítem. (Boone et al., 2014). En ellos se puede observar una regla del lado izquierdo, una línea central y dos columnas de datos. Del lado izquierdo se encuentran las personas, organizadas por su nivel de habilidad para responder el cuestionario; y del lado derecho se observa una lista de los ítems, ordenados del más difícil al más fácil.

El siguiente ejemplo de mapa Wright fue tomado del libro Rasch Analysis in the Human Sciences y se utilizará para ejemplificar cómo interpretar la información que proporciona.

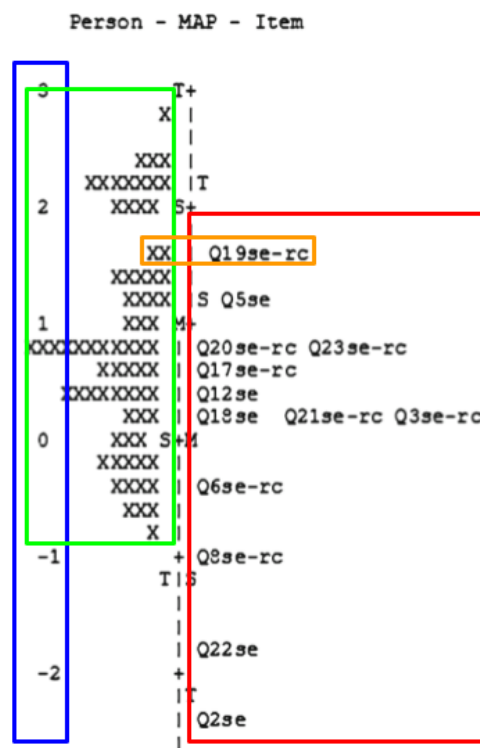


Fig. 3. Ejemplo de mapa Wright, tomado de la página 112 de Rasch Analysis in the Human Sciences (Boone et al., 2014).

Se puede pensar a los valores que se encuentran en el recuadro azul como una regla; permite ubicar ciertos datos de interés dentro de un rango determinado. Dentro del recuadro verde se ubican las personas que respondieron el cuestionario ordenadas por habilidad; en este caso, cada X representa a una persona. En el recuadro rojo se encuentran las preguntas ordenadas de la más difícil a la más fácil. Por último, en el recuadro anaranjado se observa que coinciden exactamente al mismo nivel dos personas y una pregunta; en este caso, el mapa Wright está indicando que cada una de esas personas tienen exactamente el 50% de probabilidad de contestar correctamente esa pregunta. (Linacre, 2012).

Otra manera en la que se ha propuesto analizar las concepciones alternativas del estudiantado son los mapas de construcción, los cuales son una representación visual y conceptual diseñados para ser un concepto menos complejo que una progresión de aprendizaje, y que ayudan a conceptualizar cómo se sofisticada y construye el pensamiento del estudiante (Wilson, 2009). Al construir un mapa de construcción, en los "errores comunes" se colocan las concepciones alternativas que se observan en la población de estudio, jerarquizándolas en nivel de sofisticación de pensamiento desde el nivel más avanzado, correspondiente a la idea correcta, hasta el nivel más básico que correspondería a no poder responder.

OBJETIVOS.

Objetivo general

Identificar las concepciones alternativas sobre celdas electroquímicas presentes en la población estudiantil que ingresaron a la asignatura "Fisicoquímica de Iónica y Electrónica (1401)"/"Electroquímica (1540)" en los semestres 2023-2 y 2024-1 mediante un cuestionario de 8 preguntas de dos escalones y una escala de confianza.

Objetivos específicos

Describir los conceptos fundamentales que permiten la construcción de un modelo mental de celdas electroquímicas en los estudiantes de la Facultad de Química a través de una revisión bibliográfica de las concepciones alternativas reportadas sobre celdas electroquímicas.

Modificar cuestionarios existentes que evalúan el manejo conceptual que los estudiantes poseen sobre celdas electroquímicas mediante el desarrollo de dos prototipos iterativos.

Analizar las respuestas de la versión final del cuestionario de evaluación aplicado en el semestre 2024-1 a estudiantes de la asignatura "Fisicoquímica de Iónica y Electrónica (1401)"/"Electroquímica (1540)" por medio de un sistema de clasificación que permita conocer las concepciones alternativas sobre celdas electroquímicas presentes en la población de estudio.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de los dos prototipos del Cuestionario de Electroquímica presentados en este trabajo, se comenzó realizando una revisión bibliográfica sobre las concepciones alternativas reportadas sobre celdas electroquímicas y temas relacionados, como reacciones redox y equilibrio químico. Se determinó incluir estos dos conceptos como previos y fundamentales para poder construir un modelo mental de celda electroquímica ya que, autores como Karslı y Çalik (2012) y Lu (2020) identifican la relevancia de las concepciones alternativas sobre esos temas para desarrollar concepciones alternativas sobre celdas electroquímicas en cursos posteriores.

Lu (2020) resalta la importancia de conocer el nivel académico esperado para el estudiantado que se espera evaluar, por lo que después de identificar y delimitar las concepciones alternativas más comunes sobre celdas electroquímicas, se revisaron los planes de estudio de Química e Ingeniería Química, las dos licenciaturas que cursan la asignatura de Físicoquímica de Iónica y Electrónica, también conocida como Electroquímica. Se determinaron las siguientes asignaturas y los siguientes temas específicos como de especial interés como antecedentes para electroquímica:

- Química General I: reacciones químicas, reacciones redox.
- Química General II: equilibrio químico, equilibrio redox.
- Física II: conducción eléctrica, electricidad, diferencia de potencial.
- Química Analítica I: equilibrio redox.

Ya que estos conceptos fueron determinados, se hizo una búsqueda bibliográfica sobre las concepciones alternativas reportadas para esos temas y los cuestionarios que se han desarrollado para evaluar el manejo conceptual que posee el estudiantado sobre ellos.

Primer prototipo

Diecisiete de las preguntas reportadas en estos cuestionarios fueron compiladas en un primer prototipo de Cuestionario de Electroquímica. Las referencias utilizadas se encuentran señaladas en la tabla 2.

Tabla 2. Ítems y referencias de las cuales fueron obtenidos y traducidos para conformar el primer prototipo del Cuestionario de Electroquímica.

Ítem	Referencia
1	(Brandriet, 2014)
2	(Brandriet, 2014)
3	(Brandriet, 2014)
4	(Özmen, 2008)
5	(Özmen, 2008)
6	(Özmen, 2008)
7	(Özmen, 2008)
8	(Rahayu et al., 2011)
9	(Rahayu et al., 2011)
10	(Schmidt et al., 2007)
11	(Rahayu et al., 2022)
12	(Rahayu et al., 2022)
13	(Schmidt et al., 2007)
14	(Rahayu et al., 2022)
15	(Rahayu et al., 2022)
16	(Rahayu et al., 2022)
17	(Rahayu et al., 2022)

Estos ítems fueron colocados en un formulario de Google Forms, precedido por una pregunta donde se pide a los estudiantes marcar si dan su consentimiento para que sus respuestas sean utilizadas en este trabajo; solamente se han reportado los resultados de las personas

que dieron su consentimiento. El cuestionario completo se encuentra en el Anexo I.

El primer prototipo fue aplicado en el semestre 2023-2 a un grupo de Fisicoquímica de Iónica y Electrónica (1401)/Electroquímica (1540). Los resultados obtenidos fueron clasificados de acuerdo con los criterios descritos en la tabla 3.

Tabla 3. Criterios de clasificación para las respuestas obtenidas al aplicar el Cuestionario de Electroquímica. (Khairunnisa & Prodjosantoso, 2020)

Clave	Categoría	Tipo de respuesta
CC	Comprende el concepto.	Respuesta correcta + razón correcta + seguridad ≥ 6
LG	Le "atinó", solamente adivinó y estuvo bien (Lucky Guess).	Respuesta correcta + razón correcta + seguridad ≤ 5
CCD	Comprensión conceptual deficiente; comprende partes del concepto, pero no del todo o no lo sabe justificar.	Respuesta incorrecta + razón correcta + seguridad ≤ 5
		Respuesta correcta + razón incorrecta + seguridad ≤ 5
FC	Falta de conocimiento conceptual; no entiende el concepto.	Respuesta incorrecta + razón incorrecta + seguridad ≤ 5
CA-	Concepción alternativa, falso negativo.	Respuesta incorrecta + razón correcta + seguridad ≥ 6
CA+	Concepción alternativa, falso positivo.	Respuesta correcta + razón incorrecta + seguridad ≥ 6
CA	Concepción alternativa.	Respuesta incorrecta + razón incorrecta + seguridad ≥ 6

Al analizar las respuestas obtenidas, se observó que algunas preguntas presentaban redundancias, otras resultaban confusas por diversas razones y, en general, se observó que resultaba pertinente proponer un segundo prototipo. Las razones específicas por las que se incluyeron, excluyeron o modificaron los ítems se encuentran en la tabla 5.

Segundo prototipo

El segundo prototipo del Cuestionario de Electroquímica consta de ocho ítems de uno o dos escalones y una escala de confianza al responder. El cuestionario completo se encuentra en el Anexo I. Este prototipo fue colocado en un Google Forms y aplicado en el semestre 2024-1 a los siguientes grupos:

- Química General I: grupo 54-teoría y grupo 46-laboratorio
- Física II: grupo 2
- Química analítica I: grupo 5-teoría y grupo 2-laboratorio
- Fisicoquímica de Iónica y Electrónica/Electroquímica: grupos 2 y 5

Los resultados obtenidos fueron clasificados de acuerdo con los mismos criterios explicados en la tabla 3 y serán analizados en la siguiente sección.

Adicionalmente, el prototipo 2 fue analizado utilizando el software MINISTEP® (versión gratuita del software WINSTEP®) con la finalidad de obtener el mapa Wright de los grupos estudiados. Para poder realizar el análisis Rasch se deben convertir los resultados obtenidos en datos dicotómicos, por lo que se aplicaron los criterios descritos en la tabla 4.

Tabla 4. Criterios de transformación en datos dicotómicos a partir de las clasificaciones descritas en la tabla 3.

Clasificación	Valor dicotómico
CC	1
LG	
CCD	0
FC	
CA-	
CA+	
CA	

Una vez que fueron transformados los resultados obtenidos, se construyó una hoja de cálculo por cada grupo estudiado, la cual fue importada al software MINISTEP® para poder aplicar el modelo Rasch y obtener el mapa Wright de cada grupo. Los mapas Wright pueden ser consultados en el Anexo II y la discusión de estos resultados se encuentra en la siguiente sección.

Por otra parte, también se desarrollaron “Mapas de Construcción” (Wilson, 2009) para los ítems del segundo prototipo. Estos mapas y su discusión se pueden consultar en la siguiente sección.

RESULTADOS

PROTOTIPO 1

El primer prototipo del "Cuestionario de Electroquímica" consiste en 17 preguntas de uno, dos o tres escalones, así como una escala de confianza al responder. El cuestionario completo se encuentra en el anexo 1 de este trabajo.

Al aplicar este prototipo y analizar los resultados, se observó que algunas preguntas evaluaban los mismos conceptos, por lo que se realizó un segundo prototipo el cual será analizado a profundidad en la siguiente sección. En la tabla 5 se resumen las razones por las que se modificó este prototipo para formar el segundo.

Tabla 5. Resumen del prototipo 1, en el cual se muestran los conceptos claves de los ítems correspondientes a este prototipo, su estado (si se incluyó o no en el segundo prototipo), así como las razones por las que se incluyó, excluyó o modificó para formar el segundo prototipo.

Ítem	Conceptos clave	Estado	Justificación
1	Reacción redox (nivel simbólico)	No forma parte del segundo prototipo	Los conceptos necesarios para responder el ítem #1 son muy similares a los que responden el ítem #2, por lo que se decidió sólo incluir este último
2	Electrólisis del agua, nivel submicroscópico	Forma parte del segundo prototipo, con modificaciones	Se incluyó en el segundo prototipo, agregando la representación simbólica para disminuir la cantidad de respuestas equivocadas por desconocer la representación

		submicroscópica utilizada originalmente
3	Transferencia electrónica electrodo-disolución	No forma parte del segundo prototipo Los conceptos involucrados para poder responder esta pregunta resultaban redundantes con respecto al ítem #17 de este prototipo
4	Expresión matemática de Keq	No forma parte del segundo prototipo Para evitar redundancias, sólo se conservó una pregunta sobre equilibrio químico que es el ítem #5 de este prototipo
5	Valor de Keq de un equilibrio químico heterogéneo	Forma parte del segundo prototipo, con modificaciones Este ítem fue modificado para aclarar que se pregunta qué sucede con el valor de la Keq
6	Cinética del equilibrio químico	No forma parte del segundo prototipo Se determinó que el significado cinético del equilibrio químico no es un antecedente relevante para lograr comprender los conceptos fundamentales de las celdas electroquímicas
7	Equilibrio químico; cambios cualitativos	No forma parte del segundo prototipo Para evitar redundancias, sólo se conservó una pregunta sobre equilibrio químico que es el ítem #5 de este prototipo
8	Definición de celda electrolítica y galvánica	Forma parte del segundo prototipo, con modificaciones Se eliminó la opción que sólo definía uno de los dos tipos de celda

9	Electrólisis de un ácido fuerte diluido	Forma parte del segundo prototipo, modificado y fusionado con el ítem #10	El ítem #9 y el ítem #10 partían de la misma celda electrolítica de un ácido fuerte diluido, sólo que en el ítem #9 no se identificaba ese ácido y en el ítem #10 se especificaba que era HCl. Estos dos ítems fueron fusionados y transformados en una pregunta de dos escalones, en vez de dos preguntas de un escalón cada una.
10	Electrólisis del HCl	Forma parte del segundo prototipo, modificado y fusionado con el ítem #9	
11	Electrodos activos e inertes	No forma parte del segundo prototipo	Se determinó que poder diferenciar entre estos dos tipos de electrodos era un concepto más avanzado que el nivel esperado para el estudiantado al ingresar a la asignatura de Electroquímica
12	Puente salino	Forma parte del segundo prototipo	Este ítem fue incluido en el segundo prototipo sin modificaciones
13	Definición de cátodo	No forma parte del segundo prototipo	Para evitar redundancias con el ítem #15, se decidió no incorporar este ítem al segundo prototipo
14	Dirección del flujo electrónico en una celda electrolítica	Forma parte del segundo prototipo	Este ítem fue incluido en el segundo prototipo sin modificaciones
15	Definición de cátodo y ánodo	Forma parte del segundo	Para considerar el razonamiento que

		prototipo, con modificaciones	tiene el estudiantado al determinar cuál electrodo es el cátodo y cuál el ánodo, esta pregunta pasó de tener un escalón a tener dos, siendo el segundo una pregunta abierta
16	Funcionamiento de una celda electrolítica con electrodos inertes	No forma parte del segundo prototipo	Para evitar redundancias con el ítem #17, se eliminó este ítem
17	Celda de electrodeposición	Forma parte del segundo prototipo	Este ítem fue incluido en el segundo prototipo sin modificaciones

PROTOTIPO 2

La discusión de resultados del prototipo 2 se dividirá en tres partes. Primero, se hará una discusión de los resultados específicos obtenidos para cada uno de los ocho ítems que conforman el prototipo, haciendo especial hincapié en las dificultades principales observadas en cada semestre analizado; después se mostrarán los resultados estadísticos obtenidos para cada grupo, desde primer semestre hasta quinto; concluyendo con un análisis global de la progresión observada en esos semestres.

Es importante resaltar que, en todos los casos, el cuestionario fue aplicado a un grupo de estudiantes que tuvieron la opción libre y secreta de participar o no en este estudio. Sólo se están tomando en cuenta los datos de las personas que voluntariamente accedieron a formar parte de la investigación. Otro aspecto importante que aclarar es que, si bien, el cuestionario fue aplicado en diferentes puntos del semestre, en todos los casos se aplicó antes de que se abordaran los

temas relacionados (redox y celdas electroquímicas) en la asignatura correspondiente.

ÍTEM #1

El ítem #1 es una pregunta de dos escalones que evalúa si el estudiantado reconoce cuando ocurre una reacción redox, así como su conocimiento sobre las propiedades redox del agua.

¿Qué opción representa mejor a los productos resultantes de esta reacción si los reactivos experimentan una reacción de reducción-oxidación?

Reactivos Productos

● Oxígeno
○ Hidrógeno

$\text{H}_2\text{O} \rightarrow$

A) $\text{H}_2 + \text{O}_2$

B) $\text{H}^+ + \text{OH}^-$

C) $\text{H}^+ + \text{O}^{2-}$

D) H_2O

A B
 C D

¿Por qué elegiste esta opción? ¿Cómo supiste que es la respuesta correcta?

Porque el hidrógeno se reduce (acepta electrones, disminuye su estado de oxidación) para formar H₂ y el oxígeno se oxida (cede electrones, aumenta su estado de oxidación) para formar O₂.

En la tabla 6 se propone el mapa de construcción para las posibles respuestas obtenidas en esta pregunta. El nivel 5 es el nivel más alto y corresponde a la respuesta correcta. Los niveles 4 a 0 corresponden a las otras respuestas posibles. Cada nivel es justificado mediante los criterios que se utilizaron para definirlo, así como los ejemplos de respuestas obtenidas en los diversos cuestionarios.

Tabla 6. Mapa de construcción de las respuestas obtenidas para el ítem #1.

NIVEL	DESCRIPCIÓN
5	El estudiante es capaz de describir el proceso de electrólisis del agua, identificando que sucede una reacción redox (hay una oxidación y una reducción), describiendo cuál elemento se oxida y cuál se reduce y reconociendo la representación submicroscópica/corpuscular de los productos de la electrólisis del agua
4	El estudiante es capaz de reconocer que, para que se lleve a cabo una reacción redox, debe haber cambios en la molécula del agua, pero no sabe identificar ni argumentar correctamente dichos cambios. Errores comunes: <ul style="list-style-type: none">• 1° escalón: A. 2° escalón: Supongo por las cargas.• 1° escalón: B. 2° escalón: Los productos de una reacción redox deben ser iones.• 1° escalón: B. 2° escalón: La electrólisis del agua y la disociación del agua son el mismo fenómeno químico.

- *1º escalón:* B. *2º escalón:* Las cargas de los átomos H y O cambian de 0 a +1 y -2 respectivamente, por lo que hay una reacción redox.

El estudiante desconoce la electrólisis del agua y sólo conoce la naturaleza ácido-base del agua, por lo que no puede proponer productos para la electrólisis del agua

Errores comunes:

3

- *1º escalón:* B. *2º escalón:* El agua sólo puede disociarse en H^+ y OH^- , no puede experimentar reacciones redox.
- *1º escalón:* D. *2º escalón:* El agua no puede experimentar reacciones redox, por lo que no se observará algún cambio en esta reacción.

El estudiante desconoce los procesos de disociación y electrólisis del agua y sólo reconoce los estados de oxidación más comunes del hidrógeno y del oxígeno

Errores comunes:

2

- *1º escalón:* C. *2º escalón:* La carga del hidrógeno es +1 y el del oxígeno es -2.
- *1º escalón:* B. *2º escalón:* Sólo se presenta una reacción de reducción-oxidación cuando dos partículas con cargas diferentes están juntas

El estudiante no es capaz de comprender los diagramas de las reacciones, elige la respuesta por "eliminación" de las otras opciones.

Errores comunes:

1

- *1º escalón:* D. *2º escalón:* Las reacciones no se representan de esta manera
- *1º escalón:* B. *2º escalón:* Por qué en la A no hay 2 oxígeno como para formar una molécula entre si en el D son lo mismo tanto reactivo como producto es decir que no cambio en el C solo estaban los elementos como iones no hay indicacion de cuántos átomos hidrógeno o oxígeno hay y en el B es una reacción de descomposición

0

Sin respuesta

Para los cinco grupos estudiados, se estableció la frecuencia de cada uno de los niveles descritos en la tabla 6. Los resultados de este análisis se reportan en la tabla 7. En cada una de las gráficas reportadas se indica también el promedio de seguridad reportada al responder para cada uno de los niveles analizados. La tabla se encuentra organizada desde primer semestre hasta quinto semestre para poder comparar la progresión que se observa en la prevalencia de cada nivel, así como el cambio en la seguridad promedio reportada al responder. Se observa que en todos los grupos hay cierta frecuencia del nivel 0 que corresponde a "*Sin respuesta*", esto se debe en gran medida a que uno de los escalones del ítem #1 es una pregunta abierta donde el estudiantado debe justificar su respuesta anterior; al ser una pregunta abierta, todas las respuestas obtenidas que no justifican lo que se pide fueron consideradas en esta categoría, por ejemplo: "no sé", "se ve que es la mejor", "porque lo he escuchado", etcétera.

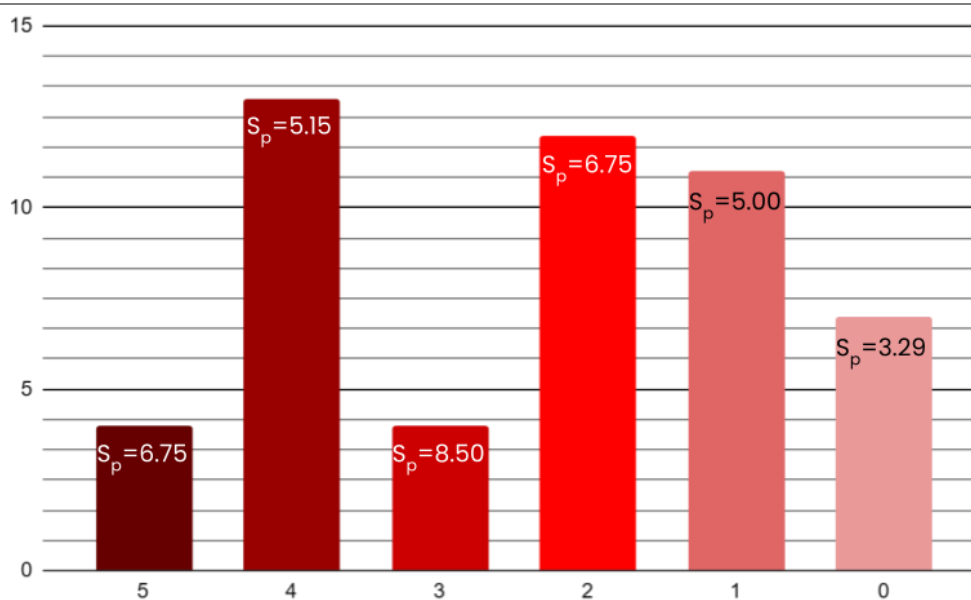
La categoría más prevalente no es uniforme en todos los grupos, pero sí se puede observar que, en general, el nivel 5 aumenta en frecuencia y en valor de seguridad promedio mientras más avanzado sea el semestre, esto se puede deber a que, al adquirir el conocimiento formalmente, el estudiantado tiene mayor capacidad para responder la pregunta y también reporta más confianza al responder.

Por otro lado, se observa que el nivel 0 disminuye en prevalencia, pero también aumenta en confianza reportada al responder. En los primeros semestres, muchas de estas respuestas correspondían a frases como "no sé", "sólo supongo", "así lo recuerdo"; en los semestres más avanzados, estas respuestas constan principalmente de repetir lo que les fue preguntado, por ejemplo "elegí esa opción porque es una reacción redox" o "redox". Esto puede indicar que el

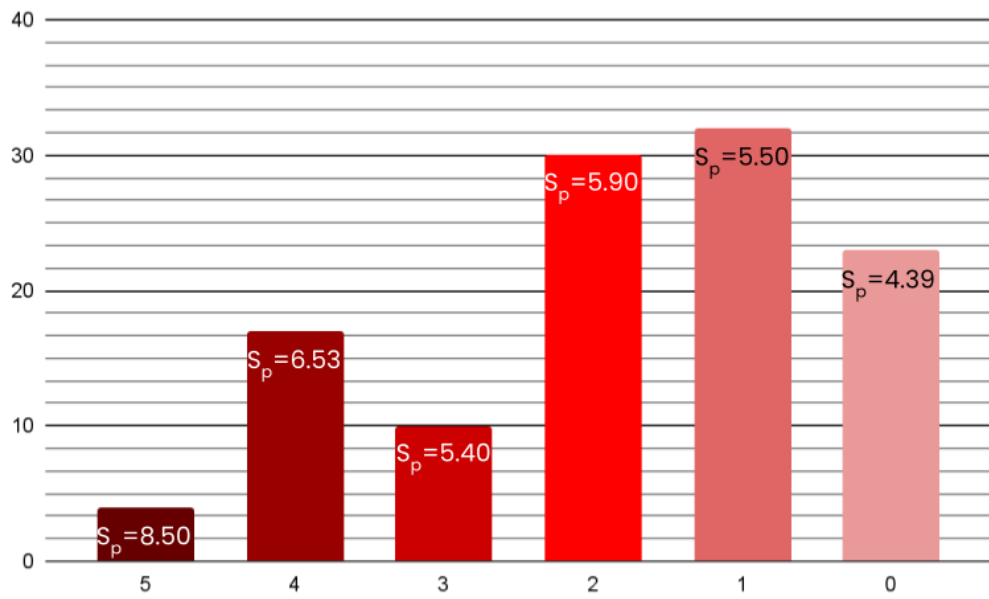
estudiantado no está siendo preparado lo suficiente para poder argumentar y defender sus ideas, aún cuando su conocimiento formal aumenta, lo cual también se ve reflejado en sus respuestas, ya que utilizan lenguaje más técnico en semestres más avanzados, incluso los estudiantes que fueron clasificados en este nivel, pero no logran hilar ideas coherentes sobre reacciones redox.

Tabla 7. Resumen de los resultados obtenidos para el ítem #1, clasificados de acuerdo con los niveles propuestos para el mapa de construcción explicados en la tabla 6.

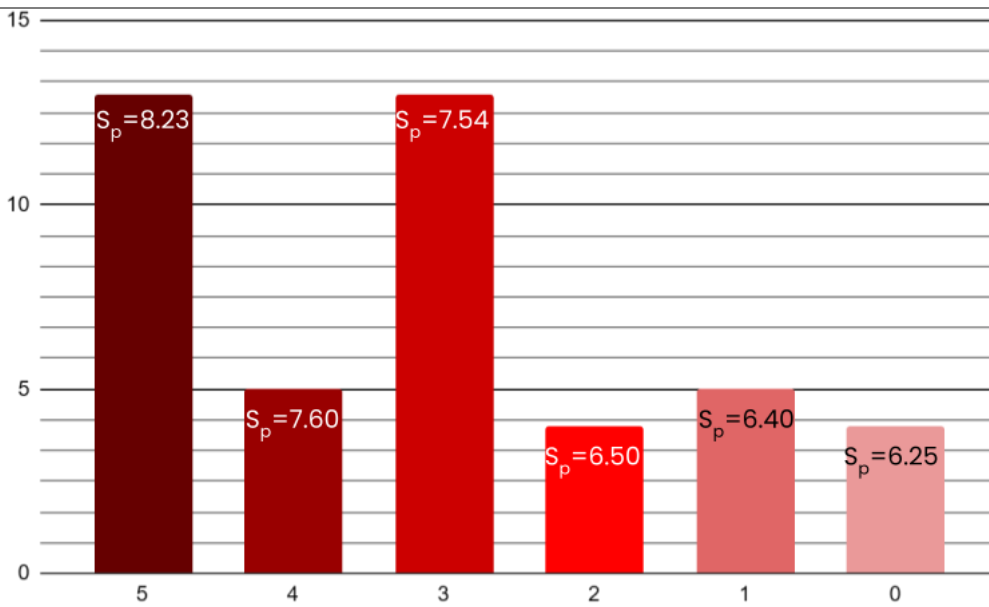
Química General I (N=51)



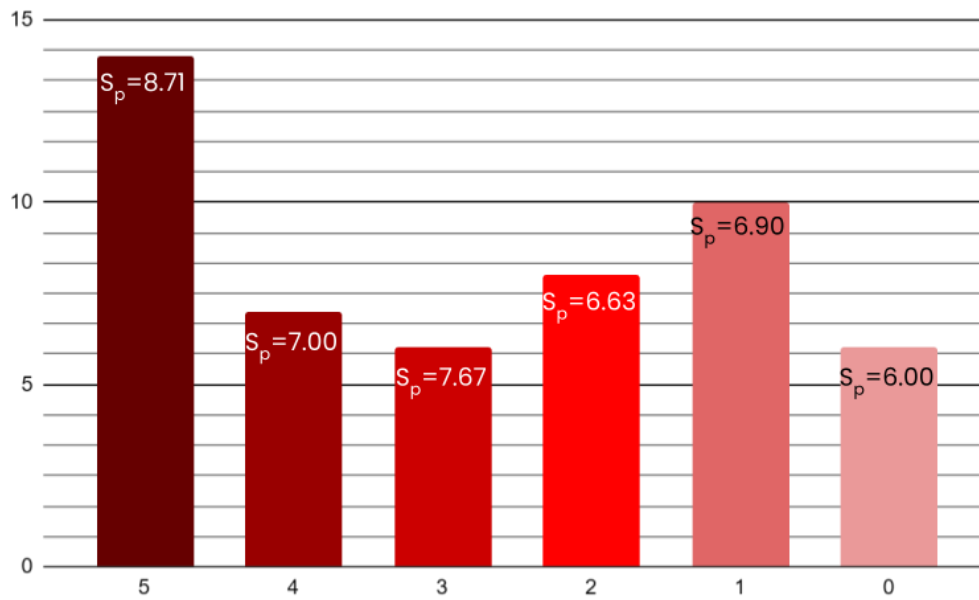
Física II (N=116)



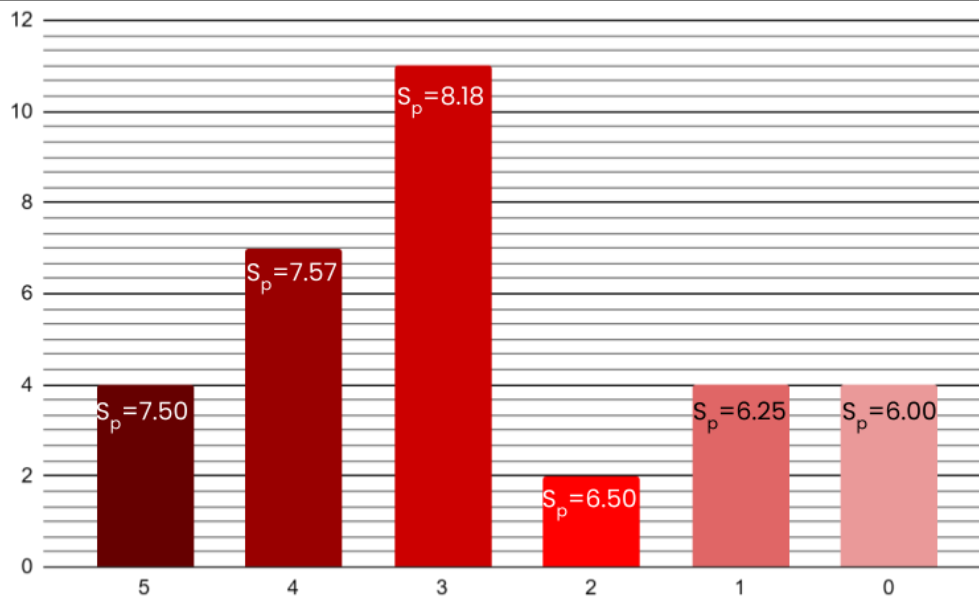
Química Analítica I (N=44)



Electroquímica (grupo 2, N=63)



Electroquímica (grupo 5, N=32)



Notas:

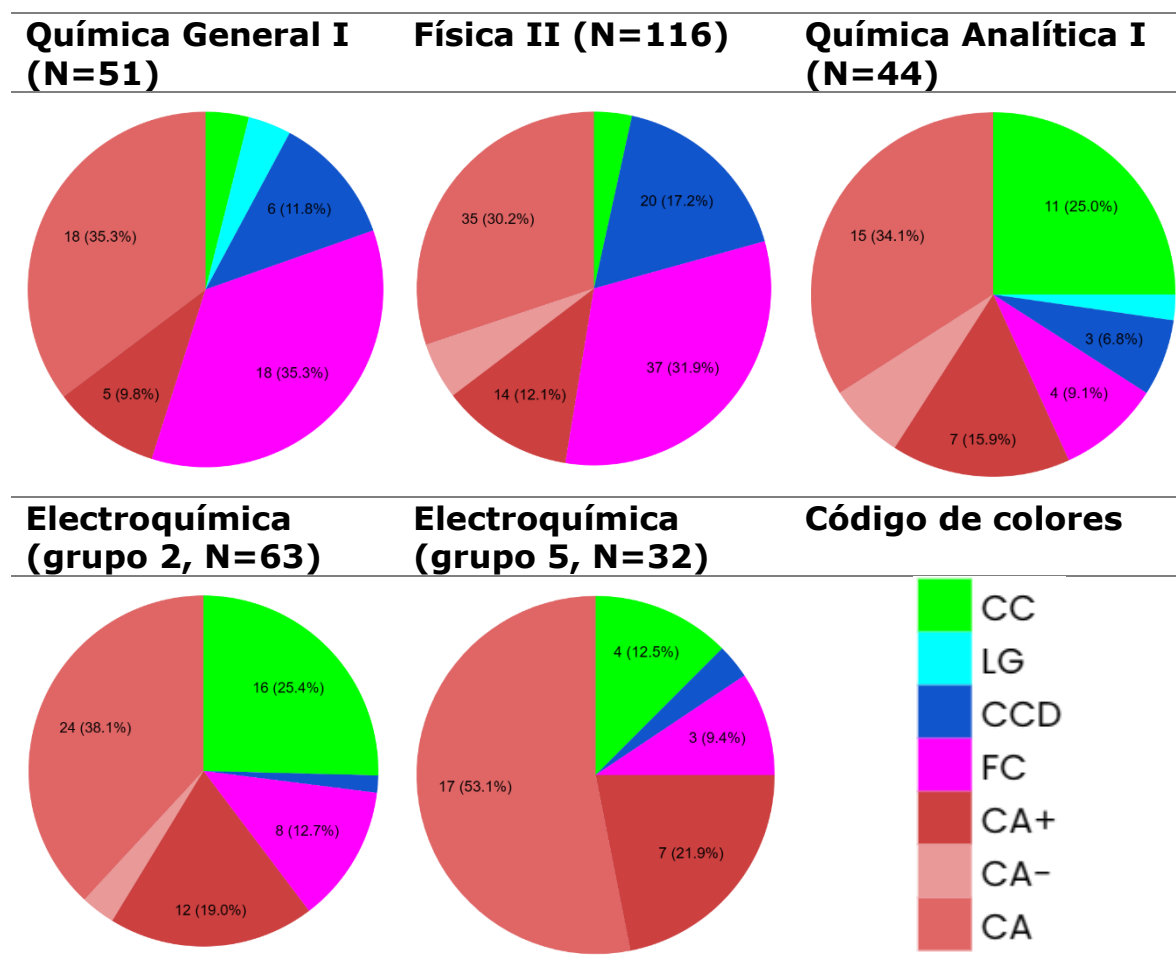
Sp = Seguridad promedio reportada al responder
 Eje vertical= frecuencia
 Eje horizontal= niveles del mapa de construcción

La tabla 8 muestra el resumen de los resultados obtenidos, clasificados de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 3. Estas gráficas también se encuentran ordenadas de primer semestre hasta quinto. Se

observa que las dos clasificaciones más comunes en los dos primeros semestres son "CA", que se refiere a "Concepción Alternativa" y se utiliza cuando ambos escalones del ítem fueron respondidos incorrectamente y se reporta una seguridad mayor o igual que seis al responder; la otra categoría es "FC", que corresponde a "Falta de Conocimiento", en la cual, también se han respondido incorrectamente ambos escalones, pero la seguridad al responder es igual o menor que cinco. En este sentido, estos resultados son congruentes con las gráficas presentadas en la tabla 7, ya que ahí se observa que en estos dos primeros semestres, los niveles entre 4 y 0 son más prevalentes que el nivel 5, que sería el nivel donde ambos escalones sean respondidos correctamente.

En semestres posteriores, se observa un aumento en la categoría "CC", que corresponde a "Comprende el Concepto" y se utiliza cuando ambos escalones son respondidos correctamente y se reporta una seguridad igual o mayor que seis al responder. Adicionalmente, también se observa que disminuye la categoría "FC", sin embargo, las categorías "CA", "CA+" y "CA-" aumentan; esto concuerda con los resultados mostrados en la tabla 7, ya que se observa que, si bien, el nivel 5 aumenta en frecuencia al progresar en los semestres, los otros niveles continúan presentándose y la seguridad reportada al responder también aumenta.

Tabla 8. Clasificación de las respuestas obtenidas para el ítem #1 de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 3.



De acuerdo con los mapas Wright analizados (Anexo II), el ítem #1 se clasifica como difícil para los primeros semestres y medianamente difícil para los semestres posteriores. Uno de los principales retos que enfrentó el estudiantado al responder esta pregunta es poder utilizar sus habilidades de argumentación.

ÍTEM #2

El ítem #2 evalúa el manejo conceptual que posee el estudiantado sobre equilibrio químico y el valor de la constante de equilibrio, en específico, cuando una de las fases es sólida y otra es gaseosa.

La piedra caliza se descompone al aumentar la temperatura para formar cal viva y dióxido de carbono como se expresa en la ecuación química presentada a continuación. ¿Qué se podría decir sobre el valor de la constante de equilibrio tras remover algo de CaCO₃ de la mezcla en equilibrio?



- *Aumentará su valor*
- *Disminuirá su valor*
- *No puede predecirse*
- *No habrá cambio en su valor*

¿Por qué elegiste esa opción? ¿Cómo sabes que es la respuesta correcta?

Porque el carbonato de calcio es un sólido, por lo que su concentración es constante y no se contempla en el cálculo de la constante de equilibrio. Adicionalmente, incluso si su concentración cambiara, la constante de equilibrio permanecerá constante una vez que la reacción haya alcanzado el equilibrio.

En la tabla 9 se propone el mapa de construcción para las posibles respuestas obtenidas en esta pregunta. El nivel 5 es el nivel más alto y corresponde a la respuesta correcta. Los niveles 4 a 0 corresponden a las otras respuestas posibles. Cada nivel es justificado mediante los criterios que se utilizaron para definirlo, así como los ejemplos de respuestas obtenidas en los diversos cuestionarios.

Tabla 9. Mapa de construcción de las respuestas obtenidas para el ítem #2.

NIVEL	DESCRIPCIÓN
5	El estudiante es capaz de explicar los siguientes aspectos sobre el equilibrio químico:

	<ul style="list-style-type: none"> • Qué significa que una reacción se encuentre en equilibrio • Cómo se interpreta la presencia de un sólido en el cálculo de la constante de equilibrio • Qué efectos tiene la remoción de uno de los reactivos en el valor de la constante de equilibrio
<p>4</p>	<p>El estudiante es capaz de reconocer que el valor de K_{eq} permanecerá constante, pero considera la concentración del sólido en el cálculo de la constante de equilibrio.</p> <p>Errores comunes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>1° escalón:</i> No habrá cambio en su valor. <i>2° escalón:</i> El valor de la constante de equilibrio no se modificará ya que cambiar las concentraciones de reactivos o productos no afecta su valor cuando la reacción se encuentra en equilibrio.
<p>3</p>	<p>El estudiante conoce el principio de Le Châtelier, pero no lo sabe aplicar para describir por qué el valor de la constante de equilibrio permanece constante incluso al remover reactivos o productos. También se observa que el principio de Le Châtelier se utiliza como un razonamiento poco profundo que parece mostrar un aprendizaje meramente memorístico del concepto, sin poderlo articular para resolver el problema.</p> <p>Errores comunes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>1° escalón:</i> Disminuirá su valor. <i>2° escalón:</i> por el principio de Le Châtelier, al disminuir la concentración de reactivos, el equilibrio se desplazará hacia reactivos para compensar dicha modificación, provocando que las concentraciones de los productos se reduzcan, disminuyendo el valor de K_{eq} • <i>1° escalón:</i> Disminuirá su valor. <i>2° escalón:</i> por el principio de Le Châtelier
<p>2</p>	<p>El estudiante puede o no reconocer que el principio de Le Châtelier existe, pero no sabe cómo explica el desplazamiento de reacciones en equilibrio; adicionalmente, desconoce que el valor de la constante de equilibrio permanece constante, incluso al remover reactivos o productos. También se observa que el principio de Le Châtelier se utiliza como un razonamiento poco profundo que</p>

parece mostrar un aprendizaje meramente memorístico del concepto, sin poderlo articular para resolver el problema.

Errores comunes:

- *1º escalón:* Aumentará su valor. *2º escalón:* porque al disminuir la concentración de reactivos, el equilibrio se desplaza hacia productos, aumentando el valor de K_{eq}
- *1º escalón:* Aumentará su valor. *2º escalón:* porque disminuye el valor del denominador de la expresión de K_{eq} , por lo que el valor será mayor
- *1º escalón:* Aumentará su valor. *2º escalón:* por el principio de Le Châtelier.

1

El estudiante presenta un entendimiento poco profundo sobre el equilibrio químico y la constante de equilibrio (incluyendo su significado y su aplicación predictiva). Puede que el estudiante conozca la expresión matemática del equilibrio químico, pero no domina ni los conocimientos matemáticos para articular cómo cambiaría el valor del cociente si se aumenta o disminuye el denominador o el numerador, así como los conceptos químicos relacionados con el equilibrio, como el principio de Le Châtelier, la forma de interpretar la presencia de un sólido en la expresión de equilibrio y el hecho de que la constante de equilibrio permanecerá constante aunque se modifiquen las concentraciones de reactivos o productos. También es posible que el estudiante utilice de manera indiscriminada los pares de conceptos listados, por su mismo poco profundo entendimiento sobre los temas:

- equilibrio químico y estequiometría
- energía/calor/temperatura y valor de la constante de equilibrio
- reacciones redox/cambios en el estado de oxidación y estequiometría

Errores comunes:

- *1º escalón:* No puede predecirse. *2º escalón:* El valor de la constante de equilibrio tras la remoción de un poco de los reactivos no puede predecirse ya que se desconocen las nuevas concentraciones de reactivos y productos

- *1° escalón:* No habrá cambio en su valor. *2° escalón:* Mientras la ecuación se encuentre balanceada, no habrá cambio en el valor de la constante
- *1° escalón:* Aumentará su valor. *2° escalón:* Al separar compuestos, éstos requieren energía, por lo que aumentará el valor
- *1° escalón:* Aumentará su valor. *2° escalón:* Porque cambia el estado de oxidación

0 Sin respuesta

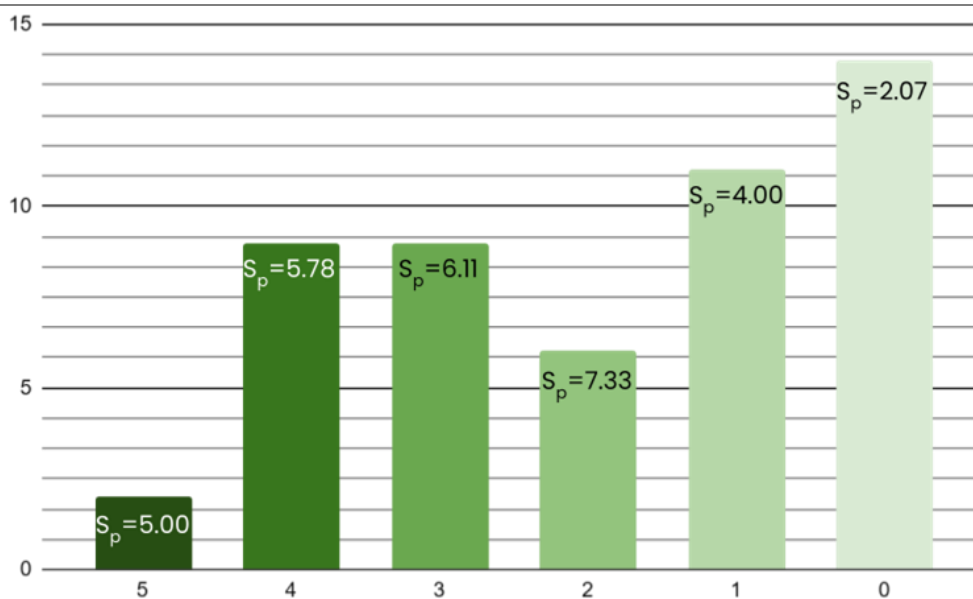
Para los cinco grupos estudiados, se estableció la frecuencia de cada uno de los niveles descritos en la tabla 9. Los resultados de este análisis se reportan en la tabla 10. En cada una de las gráficas reportadas se indica también el promedio de seguridad reportada al responder para cada uno de los niveles analizados. La tabla se encuentra organizada desde primer semestre hasta quinto semestre para poder comparar la progresión que se observa en la prevalencia de cada nivel, así como el cambio en la seguridad promedio reportada al responder. Se puede observar que en todos los grupos hay una cierta frecuencia del nivel 0 que corresponde a "Sin respuesta". Esto se debe principalmente a que uno de los escalones del ítem #2 es una pregunta abierta donde los estudiantes deben justificar su elección anterior; al ser una pregunta abierta, todas las respuestas obtenidas que no justifican lo que se pide se consideran en esta categoría, como "intuición", "porque sí", "por lo que recuerdo", etcétera. También se observa que la prevalencia de este nivel decrece desde los primeros semestres hasta el cuarto semestre en la asignatura "Química Analítica I" para comenzar a crecer en las asignaturas posteriores ("Electroquímica"); esto puede deberse a que en Química Analítica I, el equilibrio químico es un tema central para la asignatura, por lo que el estudiantado está más familiarizado con el concepto.

El nivel más prevalente a través de los grupos no es homogéneo, pero se observa que:

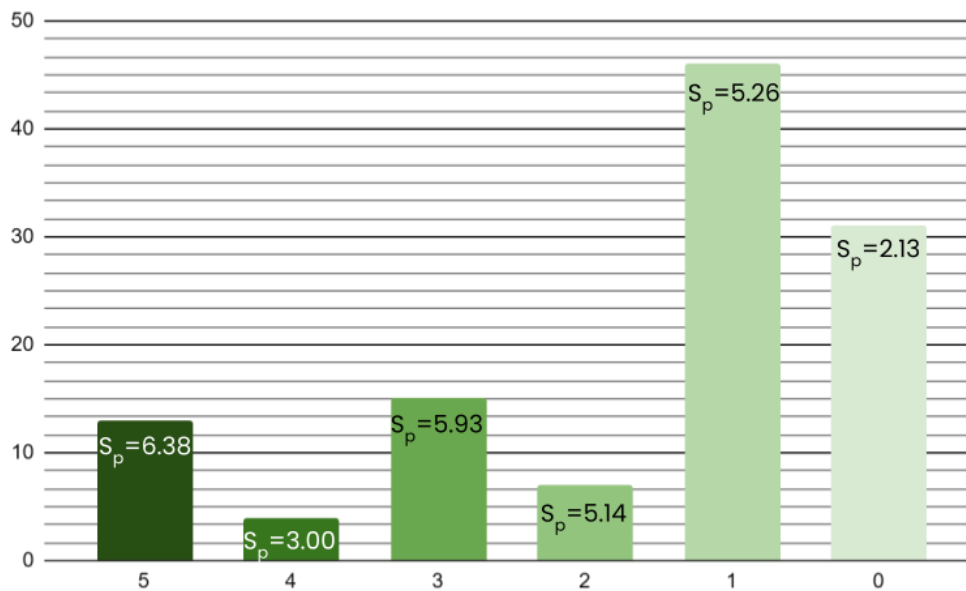
- El nivel 0 decrece desde primer semestre, donde muchos estudiantes manifestaron no conocer el concepto de equilibrio químico, hasta el cuarto y quinto semestre, donde es uno de los niveles menos prevalente.
- El nivel 5 muestra una clara prevalencia en el cuarto semestre, en la asignatura de "Química Analítica I", posiblemente porque, de las asignaturas donde fue aplicado el cuestionario, es en la que más se estudia el equilibrio químico, brindando herramientas a los estudiantes para poder responder correctamente el ítem #2
- En todos los niveles en general, la seguridad al responder aumenta en los semestres superiores

Tabla 10. Resumen de los resultados obtenidos para el ítem #2, clasificados de acuerdo con los niveles propuestos para el mapa de construcción explicados en la tabla 9.

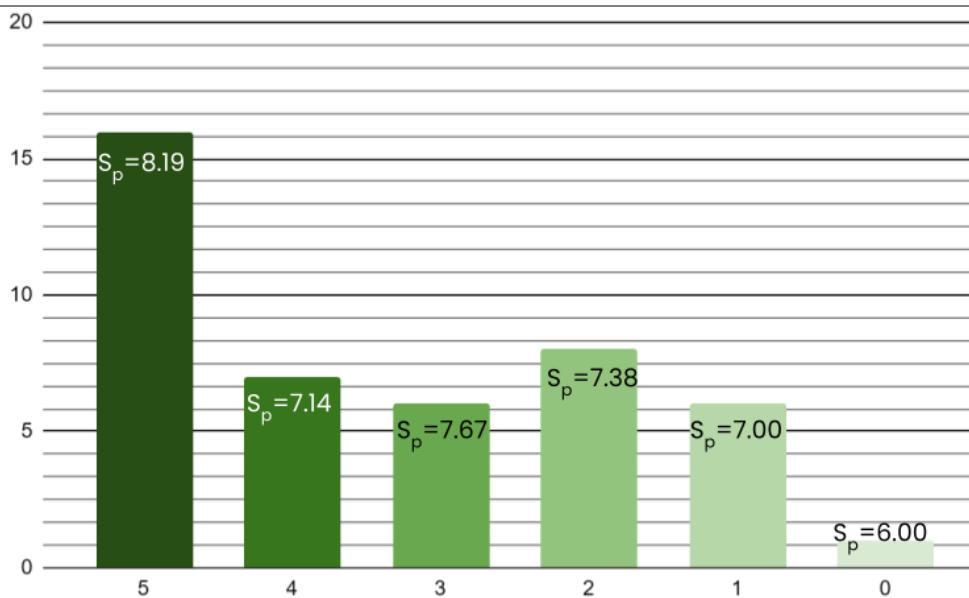
Química General I (N=51)



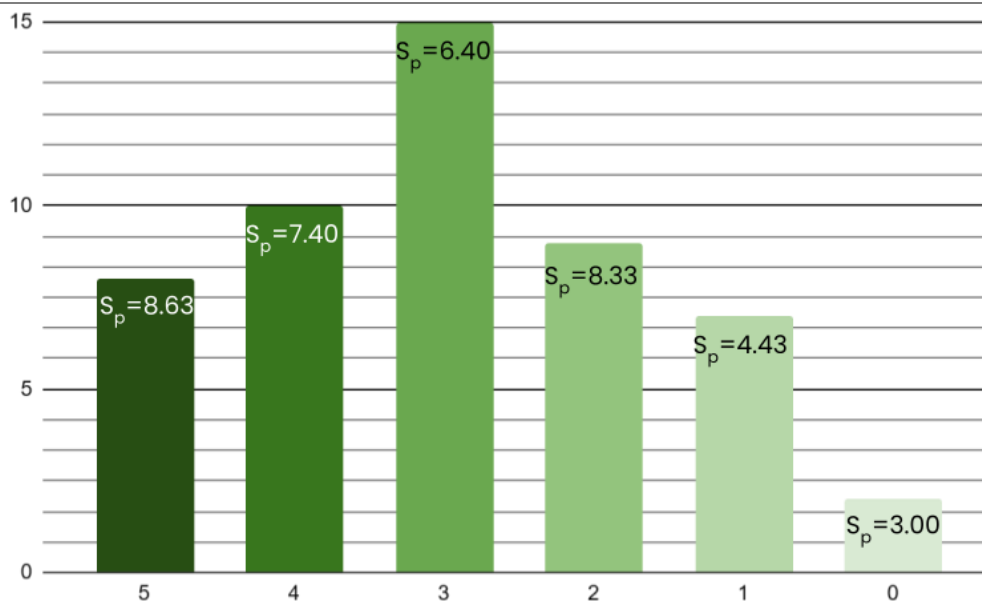
Física II (N=116)



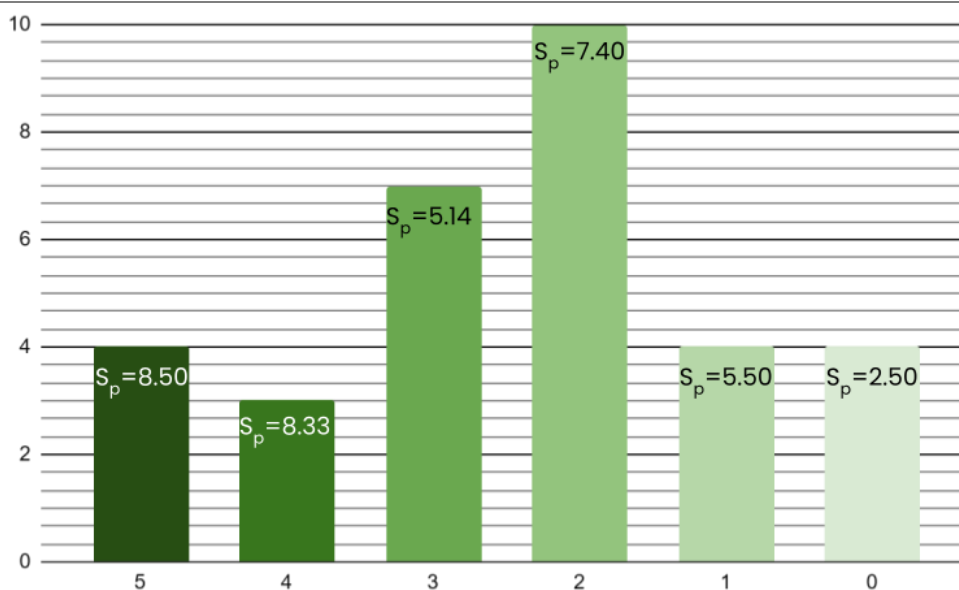
Química Analítica I (N=44)



Electroquímica (grupo 2, N=63)



Electroquímica (grupo 5, N=32)



Notas:

S_p = Seguridad promedio reportada al responder

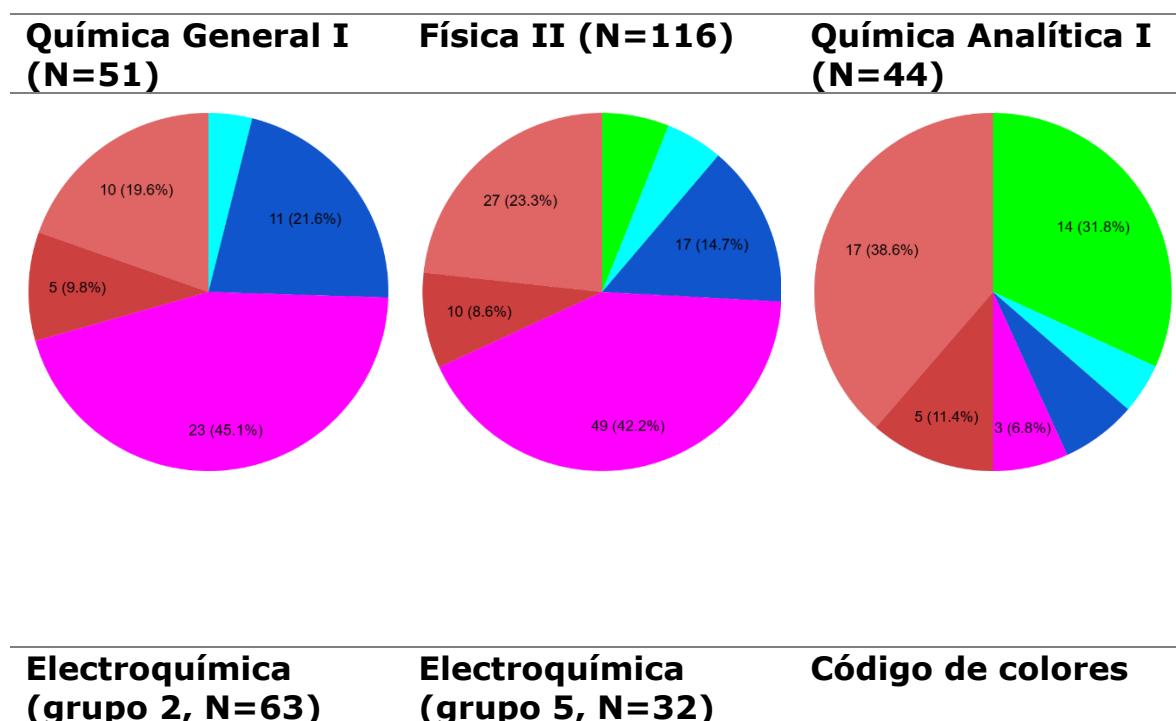
Eje vertical= frecuencia

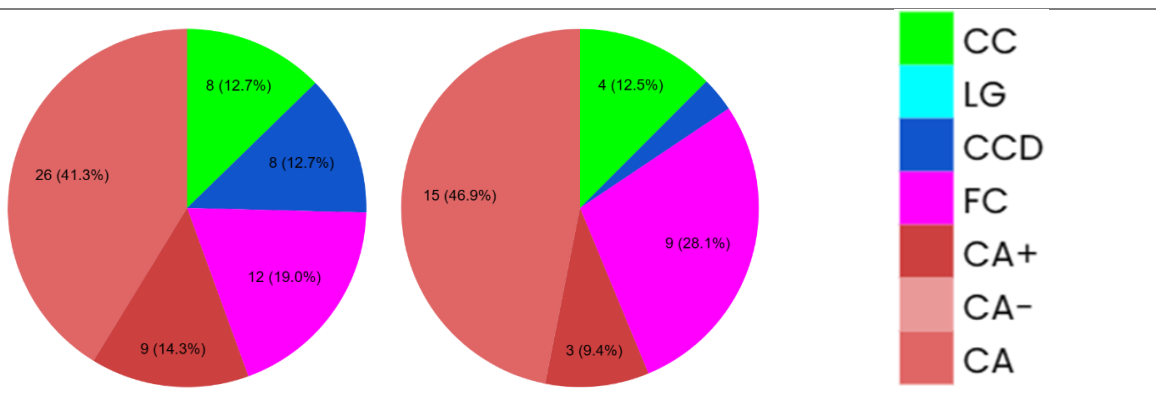
Eje horizontal= niveles del mapa de construcción

La tabla 11 muestra un resumen de los resultados obtenidos, que se han clasificado de acuerdo con los criterios de la Tabla 3. Estas gráficas también se encuentran ordenadas de primer semestre a quinto. En los dos primeros semestres, la clasificación mayoritaria es "FC", que se

refiere a "Falta de Conocimiento", que es la categoría dada a aquellas respuestas en las cuales ambos escalones fueron respondidos incorrectamente y se reportó una seguridad al responder menor o igual a cinco. En semestres posteriores, se observa que la categoría mayoritaria es "CA", que identifica las "Concepciones Alternativas", que son respuestas donde ambos escalones fueron respondidos incorrectamente y se reporta una seguridad igual o mayor que seis. Esto concuerda con lo reportado en la tabla 10, ya que la seguridad promedio al responder aumenta en todos los niveles en semestres posteriores; adicionalmente, se observa que, si bien, la frecuencia del nivel 5 aumenta en semestres posteriores, sólo en el grupo de Química Analítica I es el más prevalente, y en semestres posteriores vuelve a disminuir la frecuencia. Esto puede relacionarse a los problemas de comprensión que se han estudiado y documentado sobre el equilibrio químico y el principio de Le Châtelier, los cuales rebasan el enfoque de esta tesis, pero se pueden explorar en el trabajo de Quílez (2021).

Tabla 11. Clasificación de las respuestas obtenidas para el ítem #2 de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 3.





El ítem #2 se clasifica como difícil para los primeros dos semestres y para el quinto, según los mapas Wright analizados (Anexo II), y está completamente fuera de la habilidad de respuesta del estudiantado de Química General I. Por otro lado, para la asignatura de Química Analítica I del cuarto semestre, el ítem #2 resultó ser el segundo más sencillo de responder.

El desafío principal que enfrentaron los estudiantes fue comprender qué factores afectan el valor de la constante de equilibrio y reconocer qué sucede cuando una especie en estado sólido participa en la reacción química que se encuentra en equilibrio.

ÍTEM #3

El ítem #3 es una pregunta de un escalón que evalúa si el estudiantado recuerda la definición de celda electrolítica y voltaica.

¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre celdas voltaicas y celdas electrolíticas es verdadera?

- *En la celda electrolítica, la energía eléctrica se transforma en energía química mientras que en la celda voltaica, la energía química se transforma en energía eléctrica.*
- *La reacción de celda en una celda voltaica requiere corriente eléctrica mientras que la reacción en la celda electrolítica no requiere corriente eléctrica.*

- *La reacción de celda puede ocurrir de forma espontánea tanto en celdas voltaicas como electrolíticas.*

En la tabla 12 se propone el mapa de construcción para las posibles respuestas obtenidas en esta pregunta. El nivel 3 es el nivel más alto y corresponde a la respuesta correcta. Los niveles 2 a 0 corresponden a las otras respuestas posibles. Cada nivel es justificado mediante los criterios que se utilizaron para definirlo, así como los ejemplos de respuestas obtenidas en los diversos cuestionarios.

Tabla 12. Mapa de construcción de las respuestas obtenidas para el ítem #3.

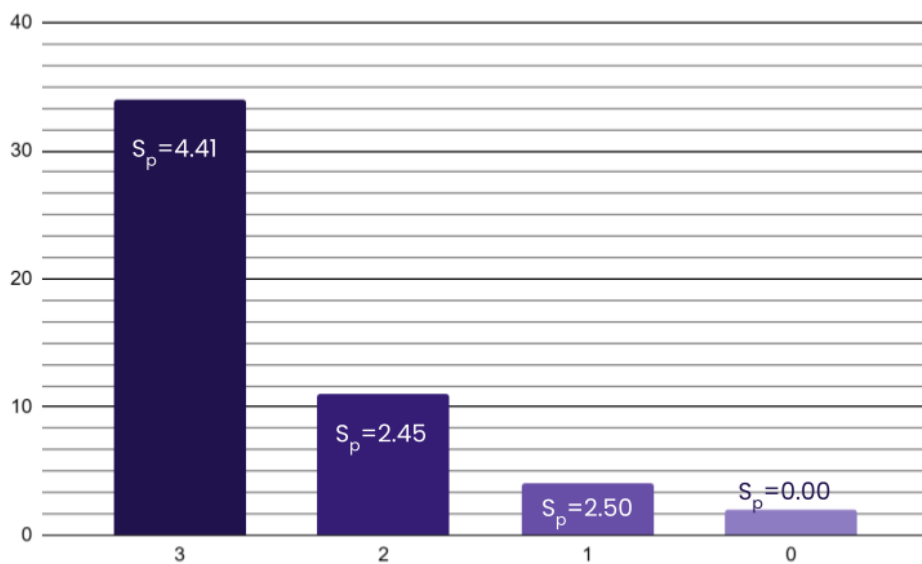
NIVEL	DESCRIPCIÓN
3	El estudiante es capaz de reconocer las definiciones correctas de celdas electrolíticas y galvánicas
2	El estudiante confunde ambas definiciones, ya sea por poca familiarización con los conceptos o por problemas en la comprensión lectora Error común: <ul style="list-style-type: none"> • La reacción de celda en una celda voltaica requiere corriente eléctrica, mientras que la reacción en la celda electrolítica no requiere corriente eléctrica
1	El estudiante no diferencia los conceptos de celdas electrolíticas y galvánicas Error común: <ul style="list-style-type: none"> • La reacción de celda puede ocurrir de forma espontánea tanto en celdas voltaicas como electrolíticas
0	Sin respuesta

Para los cinco grupos estudiados, se estableció la frecuencia de cada uno de los niveles descritos en la tabla 12. Los resultados de este análisis se reportan en la tabla 13. En cada una de las gráficas reportadas se indica también el promedio de seguridad reportada al

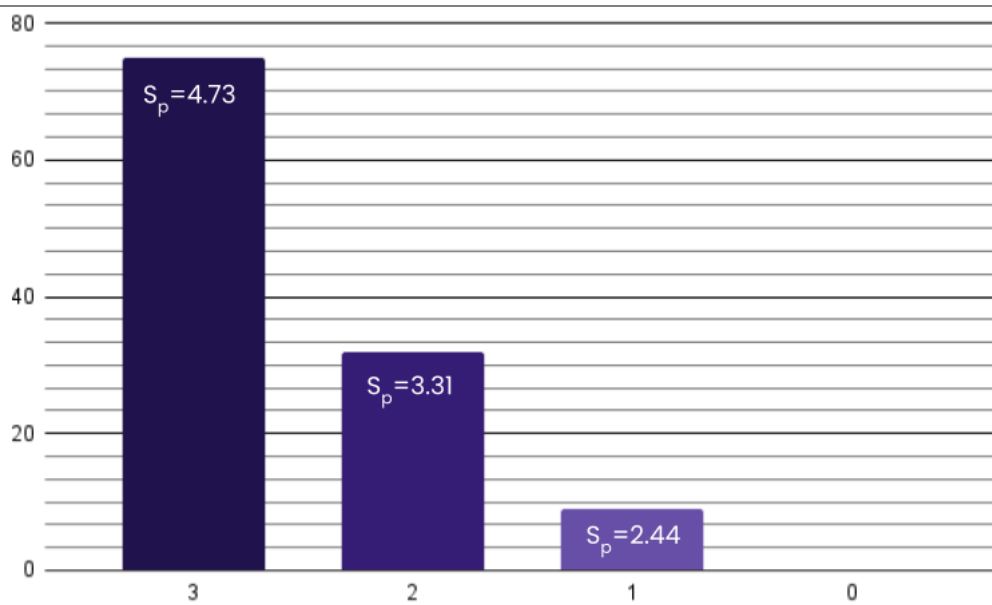
responder para cada uno de los niveles analizados. La tabla se encuentra organizada desde primer semestre hasta quinto semestre para poder comparar la progresión que se observa en la prevalencia de cada nivel, así como el cambio en la seguridad promedio reportada al responder. Se observa que el nivel más prevalente en todos los grupos es el nivel 3, que es el más alto, y lo que principalmente diferencía a los primeros semestres de los semestres más avanzados es la seguridad promedio reportada al responder; mientras más avanza el curso de los semestres, el estudiantado reporta una mayor seguridad al responder, esto se puede inferir que se debe a que adquieren formalmente el conocimiento necesario para poder responder esta pregunta.

Tabla 13. Resumen de los resultados obtenidos para el ítem #3, clasificados de acuerdo con los niveles propuestos para el mapa de construcción explicados en la tabla 12.

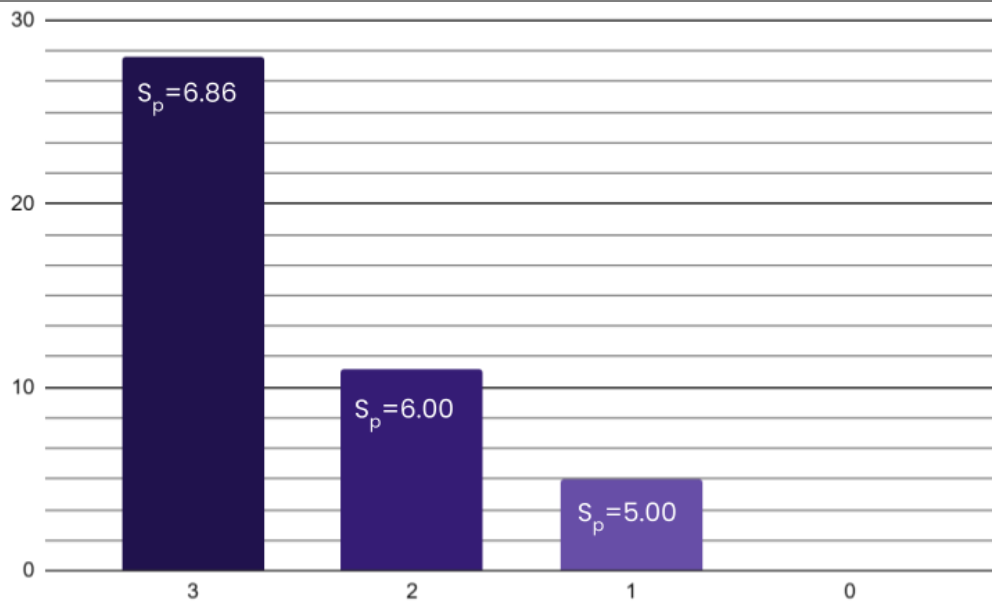
Química General I (N=51)



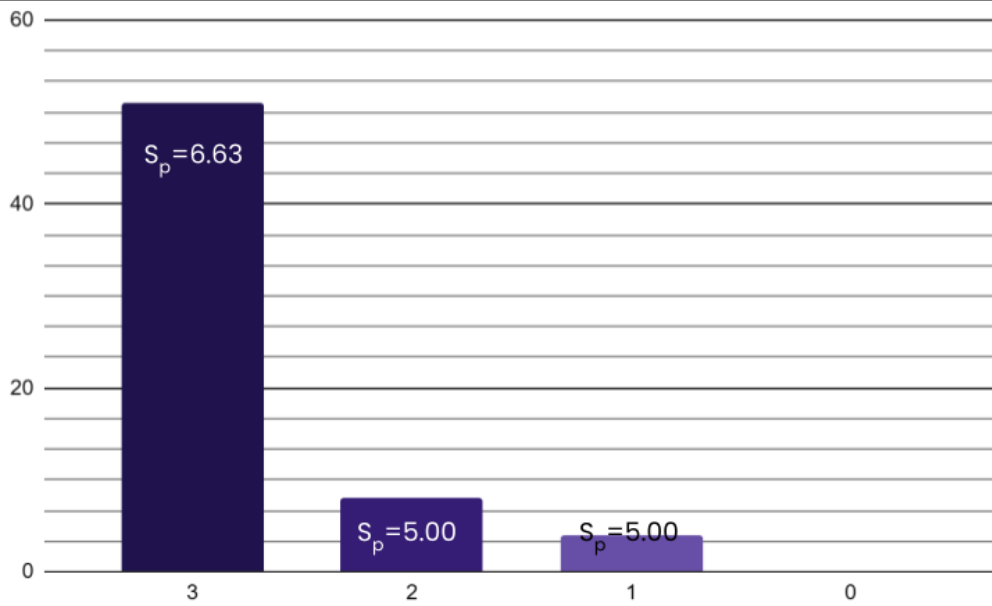
Física II (N=116)



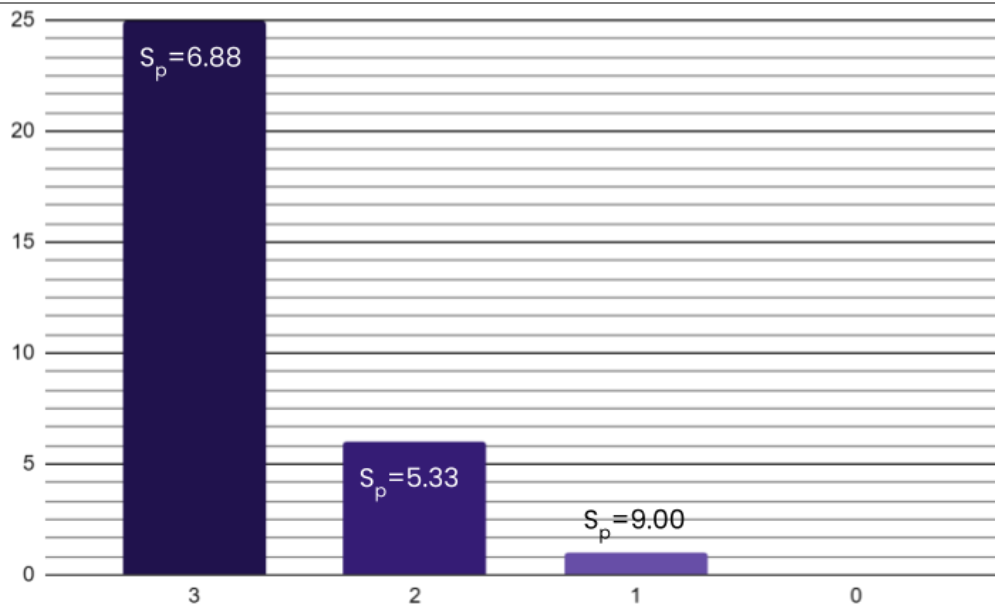
Química Analítica I (N=44)



Electroquímica (grupo 2, N=63)



Electroquímica (grupo 5, N=32)



Notas:

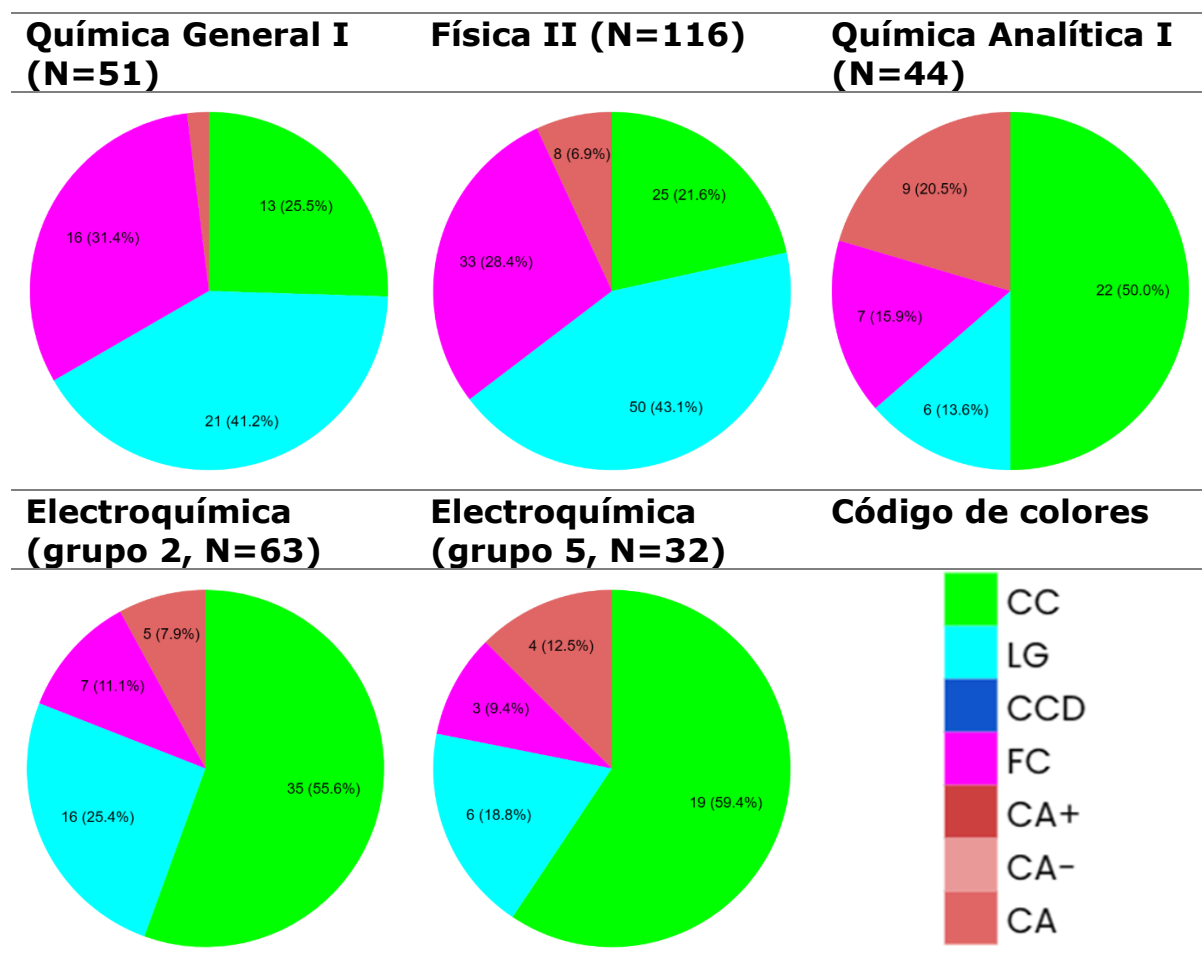
S_p = Seguridad promedio reportada al responder

Eje vertical= frecuencia

Eje horizontal= niveles del mapa de construcción

La tabla 14 muestra el resumen de los resultados obtenidos, clasificados de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 3. Estas gráficas también se encuentran ordenadas de primer semestre hasta quinto. Se observa que la categoría principal en los primeros semestres es "LG", que se refiere a que el estudiante respondió correctamente el ítem #3, pero reportó una seguridad al responder menor o igual que 5. En semestres más avanzados, la categoría más prevalente es "CC", que corresponde a que el estudiante respondió correctamente y reportó una seguridad al responder mayor o igual a seis. Esta información concuerda con lo que fue observado en la tabla 13, donde se observa un aumento en la seguridad promedio reportada al responder en semestres posteriores.

Tabla 14. Clasificación de las respuestas obtenidas para el ítem #3 de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 3.



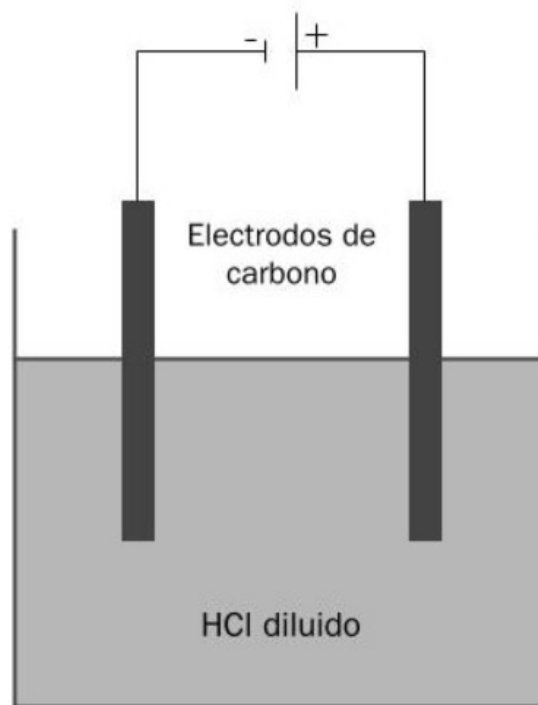
El ítem #3 consta de una pregunta de un sólo escalón que únicamente pide al estudiantado responder la definición de celdas electrolíticas y galvánicas, sin pedirles que justifiquen su respuesta, por lo que es un ítem que evalúa solamente el nivel de "recordar" de la taxonomía de Bloom (1956), que es el nivel más básico, y, por lo tanto, el más accesible para la mayoría de los estudiantes, independientemente del semestre que se encuentren cursando, lo que concuerda con los resultados obtenidos ya que las tablas 13 y 14 se observa que la mayoría de los estudiantes, desde primer semestre, logran responder correctamente esta pregunta, así como en los mapas Wright,

reportados en el Anexo II, se observa que para todos los grupos, el ítem #3 es el denotado como el "más fácil".

ÍTEM #4

El ítem #4 evalúa el conocimiento del estudiantado sobre celdas electrolíticas, electrólisis de un ácido fuerte diluido, así como sobre la reacción de reducción del hidrógeno.

En el siguiente diagrama se muestra una celda electrolítica para la electrólisis de ácido clorhídrico diluido. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?



- *HCl se descompone por electrólisis en iones H^+ y Cl^-*
- *H_2 se forma en el electrodo negativo, Cl_2 se forma en el electrodo positivo*
- *Todas las anteriores*
- *Ninguna de las anteriores*

¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe de forma correcta la reacción que ocurre con el hidrógeno?

- El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ se combinan para formar H_2 .
- El HCl diluido contiene iones H^+ y Cl^- . En el polo positivo, dos iones H^+ se combinan para formar H_2 .
- El HCl diluido contiene H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ aceptan un electrón cada uno para formar H_2 .
- El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H^+ y Cl^- en los polos positivos y negativos.

En la tabla 15 se propone el mapa de construcción para las posibles respuestas obtenidas en esta pregunta. El nivel 5 es el nivel más alto y corresponde a la respuesta correcta. Los niveles 4 a 0 corresponden a las otras respuestas posibles. Cada nivel es justificado mediante los criterios que se utilizaron para definirlo, así como los ejemplos de respuestas obtenidas en los diversos cuestionarios.

Tabla 15. Mapa de construcción de las respuestas obtenidas para el ítem #4.

NIVEL	DESCRIPCIÓN
5	El estudiante es capaz de diferenciar los procesos de disociación y electrólisis, describiendo la electrólisis como una reacción redox. Adicionalmente, comprende que la reducción de los iones H^+ debe ocurrir en el polo negativo (cátodo) de la celda.
4	<p>El estudiante es capaz de diferenciar los procesos de disociación y electrólisis, describiendo la electrólisis como una reacción redox. Sin embargo, no comprende que la reducción de los iones H^+ ocurrirá en el polo negativo.</p> <p>Errores comunes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1º escalón: H_2 se forma en el electrodo negativo y Cl_2 en el electrodo positivo. 2º escalón: El HCl diluido contiene iones H^+ y Cl^-. En el polo positivo, dos iones H^+ se combinan para formar H_2.

El estudiante no puede discriminar los procesos de disociación y electrólisis. Pero reconoce que la reducción del H^+ ocurrirá en el polo negativo (cátodo).

Errores comunes:

3

- 1º escalón: HCl se descompone por electrólisis en iones H^+ y Cl^- . 2º escalón: El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ se combinan para formar H_2 .
- 1º escalón: HCl se descompone por electrólisis en iones H^+ y Cl^- . 2º escalón: El HCl diluido contiene H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ aceptan un electrón cada uno para formar H_2 .
- 1º escalón: H_2 se forma en el electrodo negativo, Cl_2 se forma en el electrodo positivo. 2º escalón: El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ se combinan para formar H_2 .
- 1º escalón: Todas las anteriores. 2º escalón: El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ se combinan para formar H_2 .
- 1º escalón: Todas las anteriores. 2º escalón: El HCl diluido contiene H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ aceptan un electrón cada uno para formar H_2 .

El estudiante no puede diferenciar los procesos de disociación y electrólisis, concluyendo que para que un compuesto se disocie, éste debe colocarse en una celda electrolítica.

Errores comunes:

2

- 1º escalón: Todas las anteriores. 2º escalón: El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H^+ y Cl^- en los polos positivos y negativos.
- 1º escalón: Todas las anteriores. 2º escalón: El HCl diluido contiene iones H^+ y Cl^- . En el polo positivo, dos iones H^+ se combinan para formar H_2 .
- 1º escalón: HCl se descompone por electrólisis en iones H^+ y Cl^- . 2º escalón: El HCl diluido contiene

	<p>iones H⁺ y Cl⁻. En el polo positivo, dos iones H⁺ se combinan para formar H₂.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1° escalón: HCl se descompone por electrólisis en iones H⁺ y Cl⁻. 2° escalón: El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H⁺ y Cl⁻ en los polos positivos y negativos. • 1° escalón: H₂ se forma en el electrodo negativo, Cl₂ se forma en el electrodo positivo. 2° escalón: El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H⁺ y Cl⁻ en los polos positivos y negativos.
<p>1</p>	<p>El estudiante desconoce los procesos de disociación y electrólisis, determinando que ninguno de esos procesos puede ocurrir en la celda propuesta y con la información proporcionada.</p> <p>Errores comunes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1° escalón: Ninguna de las anteriores. 2° escalón: El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H⁺ y Cl⁻. En el polo negativo, dos iones H⁺ se combinan para formar H₂. • 1° escalón: Ninguna de las anteriores. 2° escalón: El HCl diluido contiene iones H⁺ y Cl⁻. En el polo positivo, dos iones H⁺ se combinan para formar H₂. • 1° escalón: Ninguna de las anteriores. 2° escalón: El HCl diluido contiene H⁺ y Cl⁻. En el polo negativo, dos iones H⁺ aceptan un electrón cada uno para formar H₂. • 1° escalón: Ninguna de las anteriores. 2° escalón: El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H⁺ y Cl⁻ en los polos positivos y negativos.
<p>0</p>	<p>Sin respuesta</p>

La tabla 16 muestra la frecuencia de cada nivel reportado en la tabla 15 para cada uno de los cinco grupos estudiados, así como el promedio de seguridad al responder reportado. La tabla se organiza desde el primer hasta el quinto semestre para comparar la progresión de la

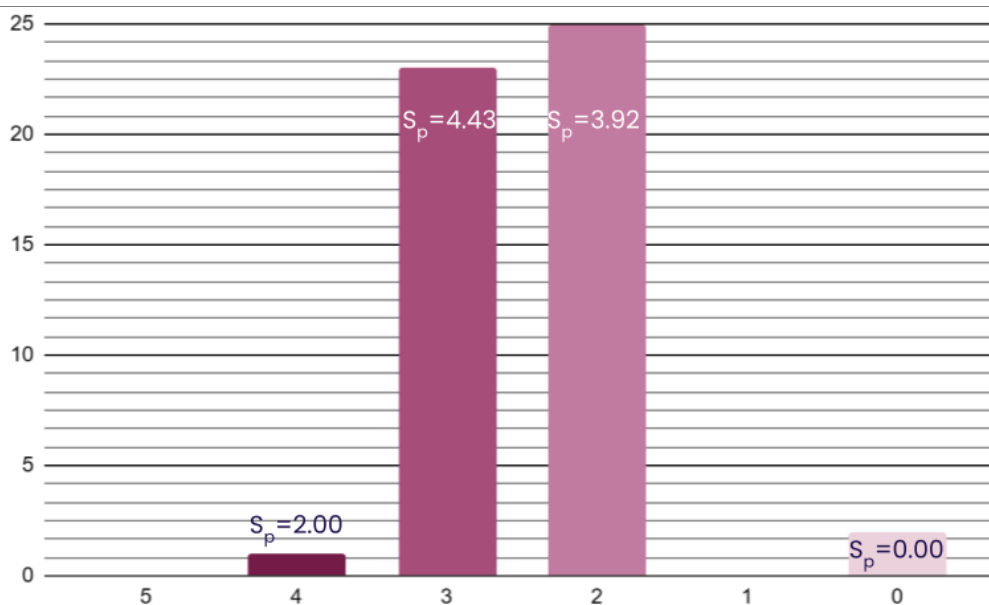
prevalencia en cada nivel y el cambio en la seguridad promedio reportada al responder.

Los dos niveles más prevalentes en todos los grupos analizados fueron el nivel 3 y el 2, independientemente del semestre analizado. Estos dos niveles tienen en común la inhabilidad de los estudiantes para reconocer a la electrólisis como un proceso distinto a la disociación.

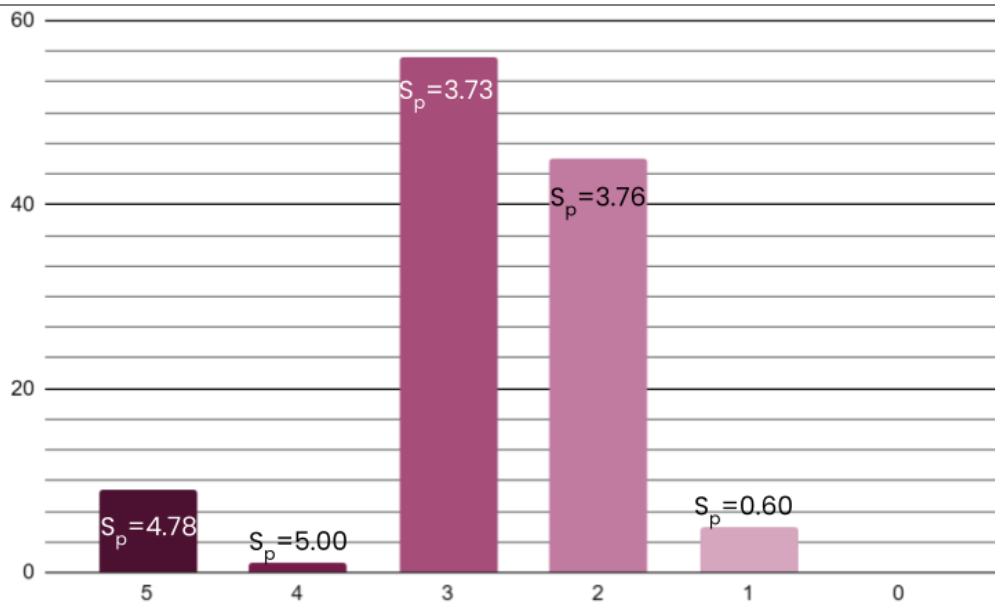
En cuanto a la seguridad promedio reportada al responder, se observa la misma tendencia general que sucede en los otros ítems, aumentando en semestres superiores. Sin embargo, en este ítem, el aumento es menor que en otros casos, rebasando el valor de 7.0 sólo en un nivel en un grupo.

Tabla 16. Resumen de los resultados obtenidos para el ítem #4, clasificados de acuerdo con los niveles propuestos para el mapa de construcción explicados en la tabla 15.

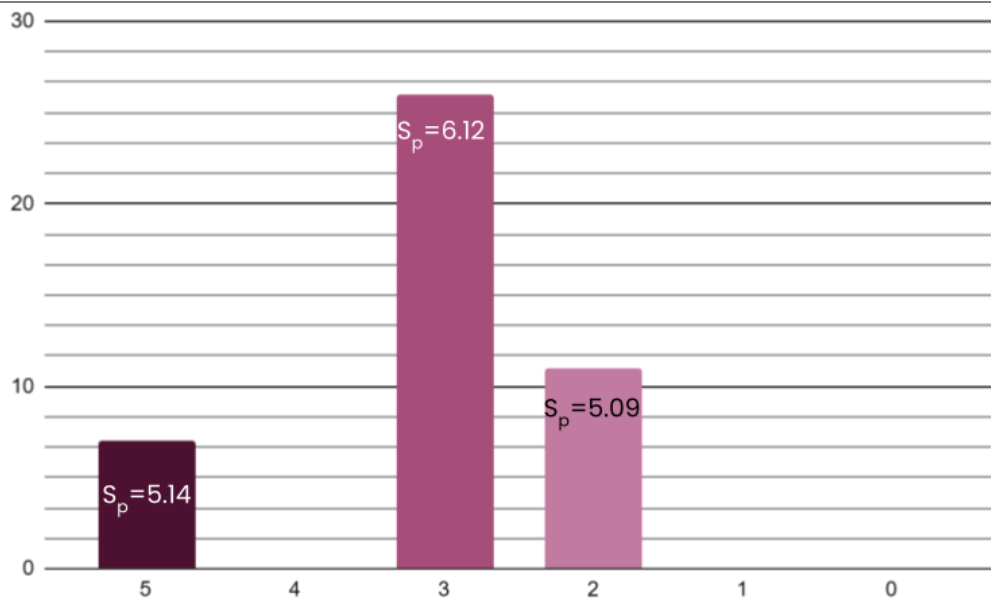
Química General I (N=51)



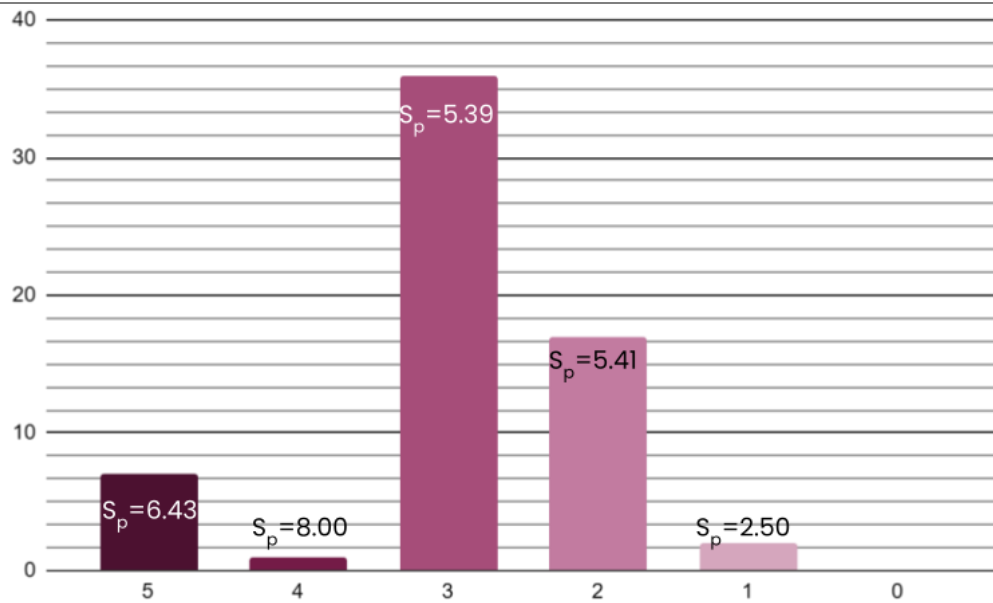
Física II (N=116)



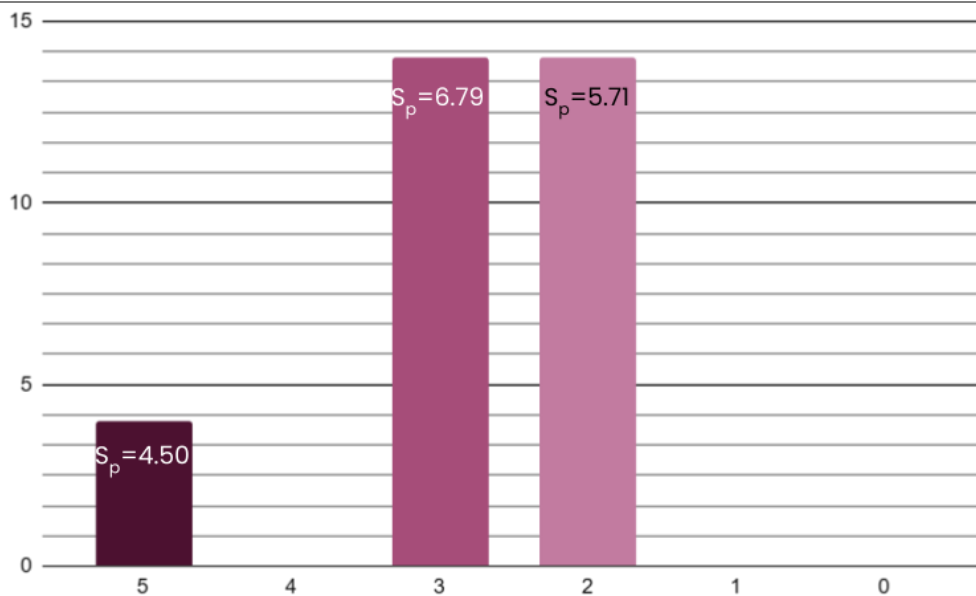
Química Analítica I (N=44)



Electroquímica (grupo 2, N=63)



Electroquímica (grupo 5, N=32)



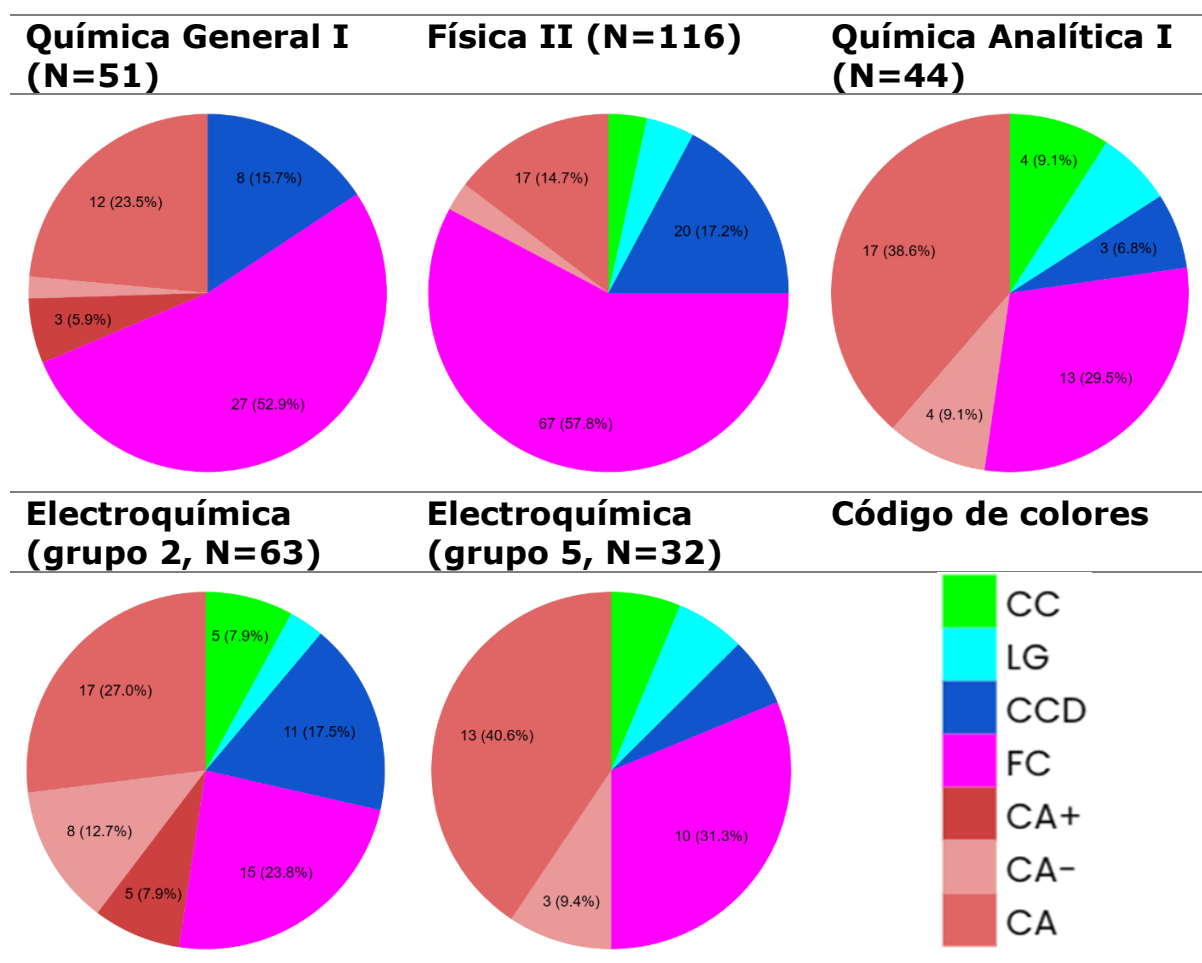
Notas:

S_p = Seguridad promedio reportada al responder
 Eje vertical= frecuencia
 Eje horizontal= niveles del mapa de construcción

La tabla 17 muestra el resumen de los resultados obtenidos, clasificados de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 3. Estas gráficas también se encuentran ordenadas de primer a quinto semestre. Se observa que, en los dos primeros semestres, la

clasificación mayoritaria es "FC", que es "Falta de Conocimiento" y corresponde a aquellas respuestas cuyos ambos escalones fueron respondidos incorrectamente y se reportó una seguridad al responder igual o menor que cinco. En semestres posteriores, la categoría mayoritaria es "CA", o "Concepción Alternativa", en la cual se agrupan las respuestas en las que ambos escalones fueron respondidos incorrectamente, pero se reporta una seguridad igual o mayor que seis. Estas observaciones son consistentes con lo discutido sobre la tabla 16, ya que hay un aumento de seguridad al responder, aún si las respuestas no son correctas.

Tabla 17. Clasificación de las respuestas obtenidas para el ítem #4 de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 3.

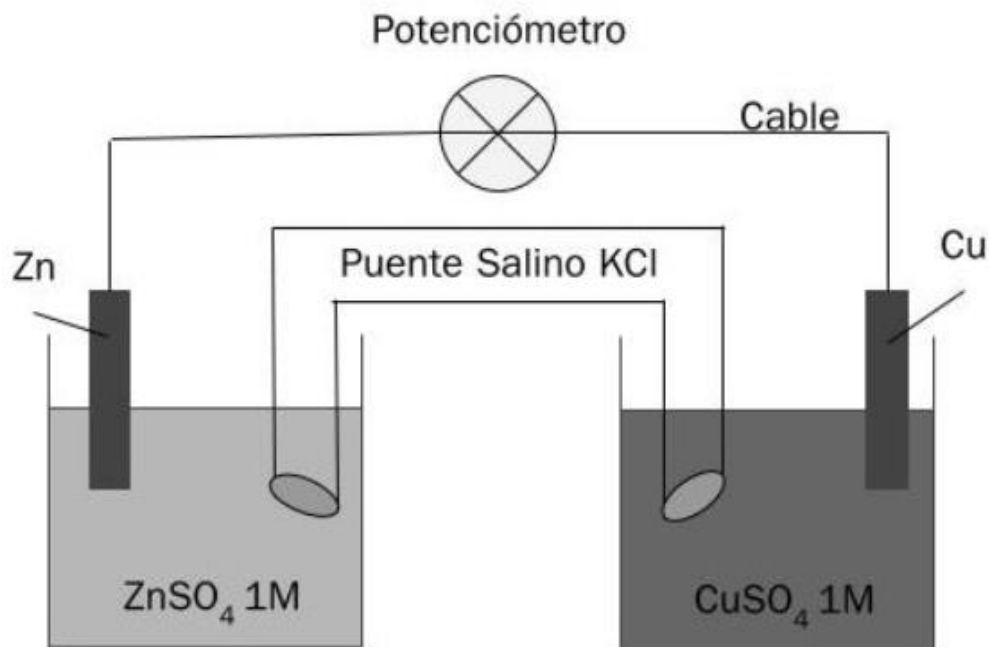


De acuerdo con los mapas Wright analizados (Anexo II), el ítem #4 se considera como difícil para todos los grupos estudiados, rebasando completamente la habilidad de responder en el caso de los grupos de los dos primeros semestres.

ÍTEM #5

En el ítem #5 se evalúa si el estudiantado conoce la función del puente salino en una celda voltaica, así como si reconoce las propiedades conductoras de un alambre metálico.

El puente salino del diagrama siguiente conecta a los electrolitos de las semiceldas del cátodo y del ánodo. Si se reemplazara el puente salino con un alambre de Pt, que es un conductor eléctrico, ¿qué sucedería con la electricidad?



- *No se produciría electricidad porque sólo los iones pueden fluir a través del alambre de Pt*

- *No se produciría electricidad porque ni iones ni electrones pueden fluir a través del alambre de Pt*
- *Se produciría electricidad porque Pt es un conductor de iones y electrones*
- *Se produciría electricidad porque existe un flujo constante de electrones a través del alambre de Pt*

En la tabla 18 se propone el mapa de construcción para las posibles respuestas obtenidas en esta pregunta. El nivel 4 es el nivel más alto y corresponde a la respuesta correcta. Los niveles 3 a 0 corresponden a las otras respuestas posibles. Cada nivel es justificado mediante los criterios que se utilizaron para definirlo, así como los ejemplos de respuestas obtenidas en los diversos cuestionarios.

Tabla 18. Mapa de construcción de las respuestas obtenidas para el ítem #5.

NIVEL	DESCRIPCIÓN
4	El estudiante conoce las propiedades conductoras de un alambre metálico (de platino) e identifica que el puente salino en una celda galvánica no puede ser sustituido por dicho alambre.
3	El estudiante desconoce las propiedades conductoras de un alambre metálico (de platino), pero reconoce que el puente salino debe permitir el flujo de iones. Errores comunes: <ul style="list-style-type: none"> • Se produciría electricidad porque Pt es un conductor de iones y electrones
2	El estudiante conoce las propiedades conductoras de un alambre metálico (de platino), pero desconoce que el puente salino debe permitir el movimiento de iones entre las dos semiceldas. Errores comunes: <ul style="list-style-type: none"> • Se produciría electricidad porque existe un flujo constante de electrones a través del alambre de Pt

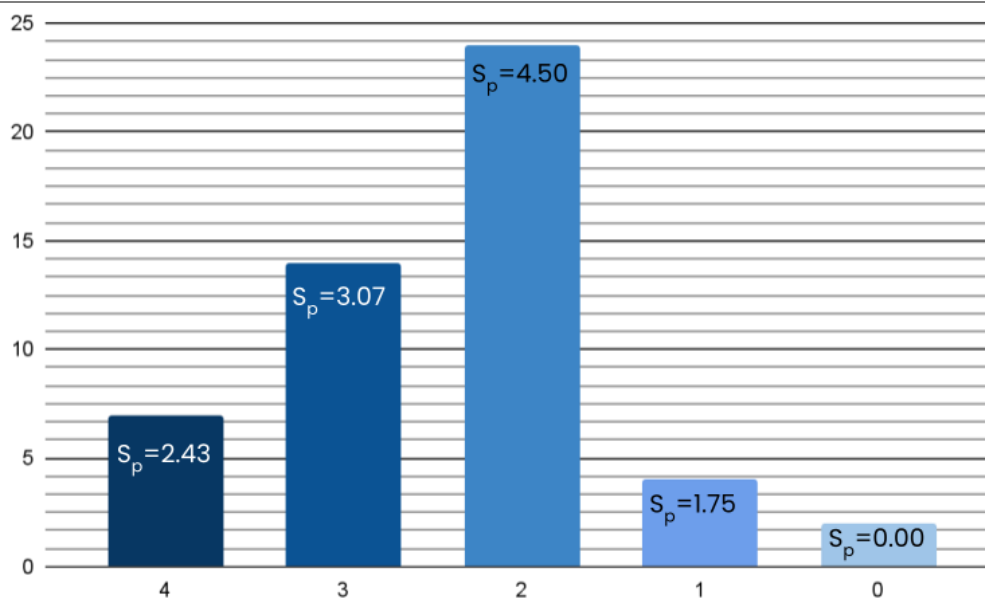
1	<p>El estudiante desconoce las propiedades conductoras de un alambre metálico (de platino), así como que el puente salino permite el flujo de iones entre las dos semiceldas.</p> <p>Errores comunes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No se produciría electricidad porque sólo los iones pueden fluir a través del alambre de Pt
0	Sin respuesta

Para los cinco grupos estudiados, se estableció la frecuencia de cada uno de los niveles descritos en la tabla 18. Los resultados de este análisis se reportan en la tabla 19. En cada una de las gráficas reportadas se indica también el promedio de seguridad reportada al responder para cada uno de los niveles analizados. La tabla se encuentra organizada desde primer semestre hasta quinto semestre para poder comparar la progresión que se observa en la prevalencia de cada nivel, así como el cambio en la seguridad promedio reportada al responder. En todos los grupos se observa que el nivel de mayor frecuencia es el 2, determinando que el estudiantado conoce las propiedades de conducción eléctrica de un alambre metálico, pero sólo recuerda a los circuitos eléctricos tradicionales, en los cuales sólo se requieren conductores eléctricos para poder cerrar el circuito, pero no puede reconocer que en una celda galvánica, el circuito se debe cerrar con un puente salino, el cual permite la migración de iones.

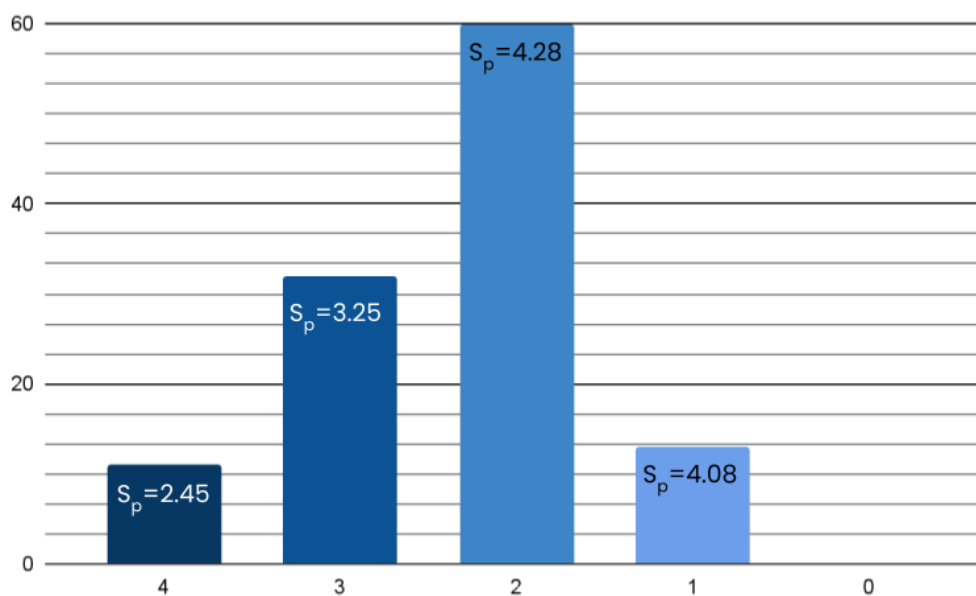
En cuanto a la seguridad reportada al responder, si bien esta tiende a aumentar en todos los niveles en semestres más avanzados, sólo en dos ocasiones promedia un valor mayor o igual a 6.0.

Tabla 19. Resumen de los resultados obtenidos para el ítem #5, clasificados de acuerdo con los niveles propuestos para el mapa de construcción explicados en la tabla 18.

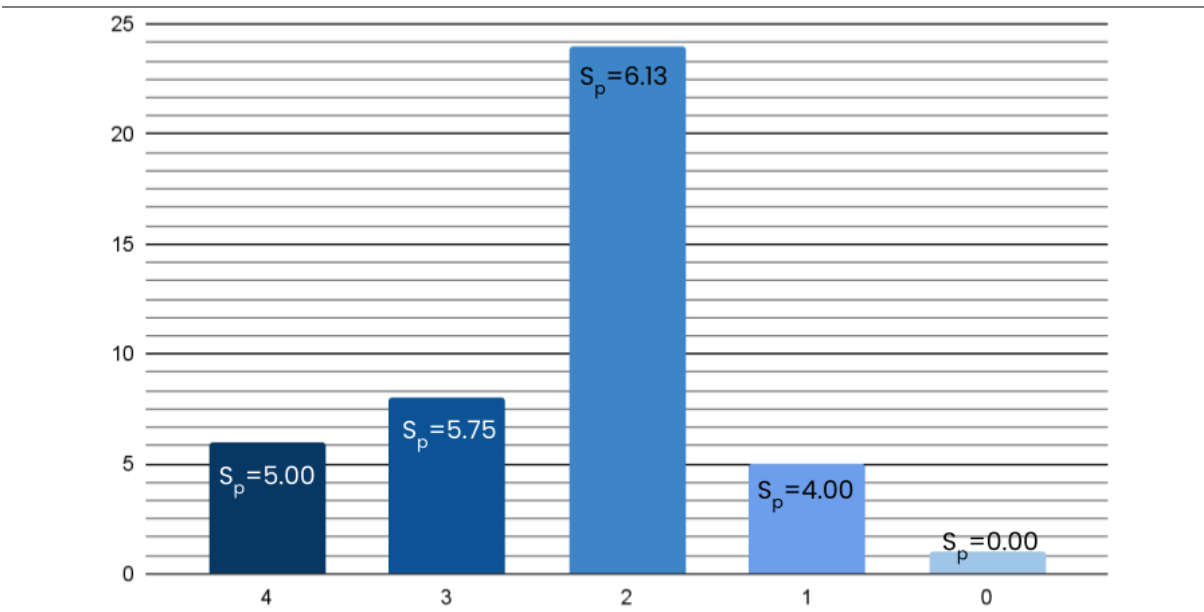
Química General I (N=51)



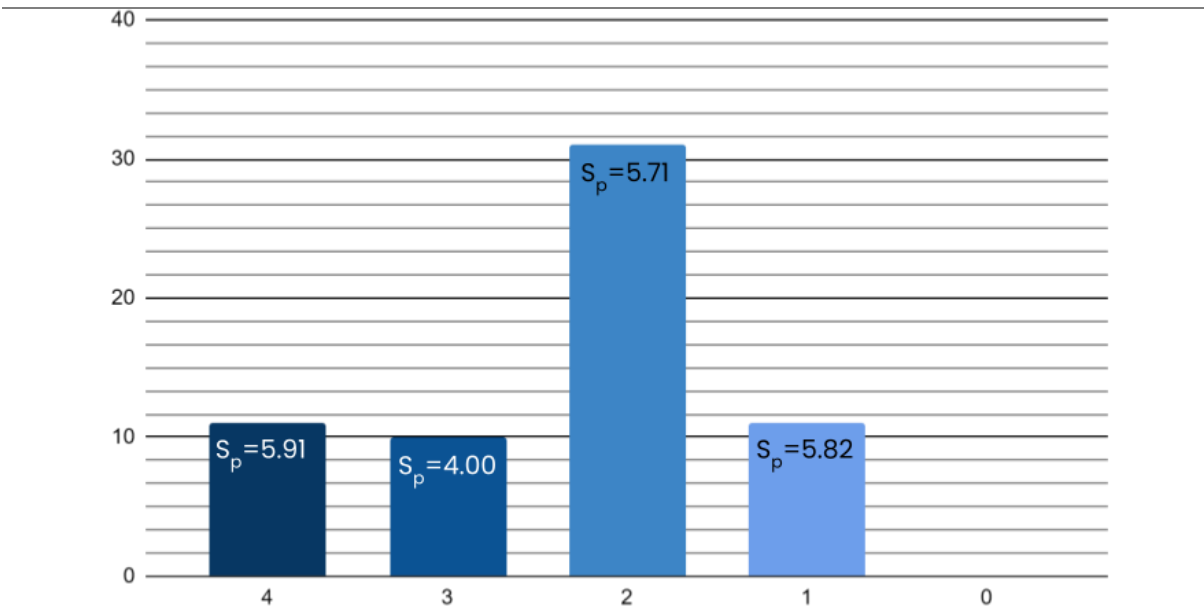
Física II (N=116)



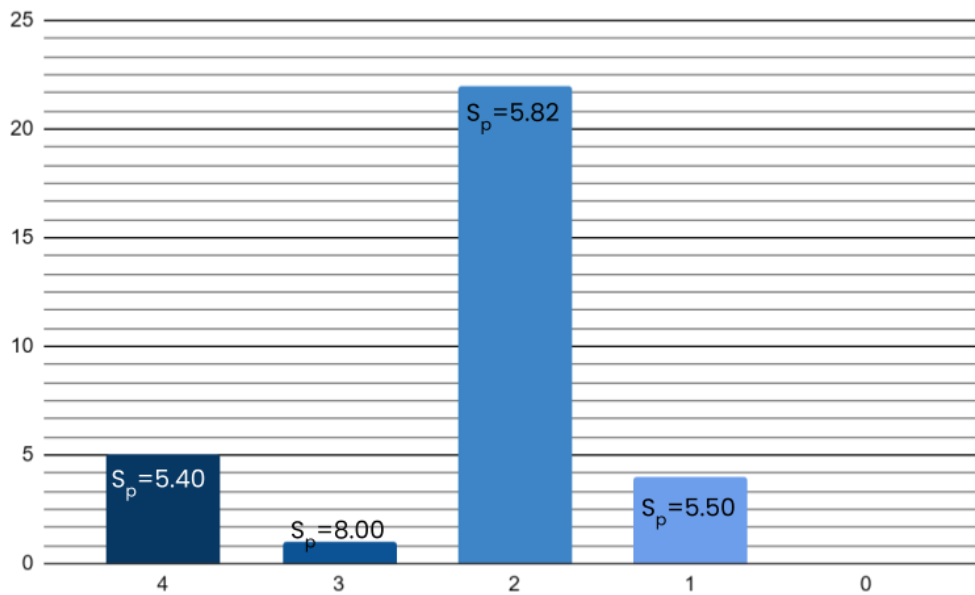
Química Analítica I (N=44)



Electroquímica (grupo 2, N=63)



Electroquímica (grupo 5, N=32)



Notas:

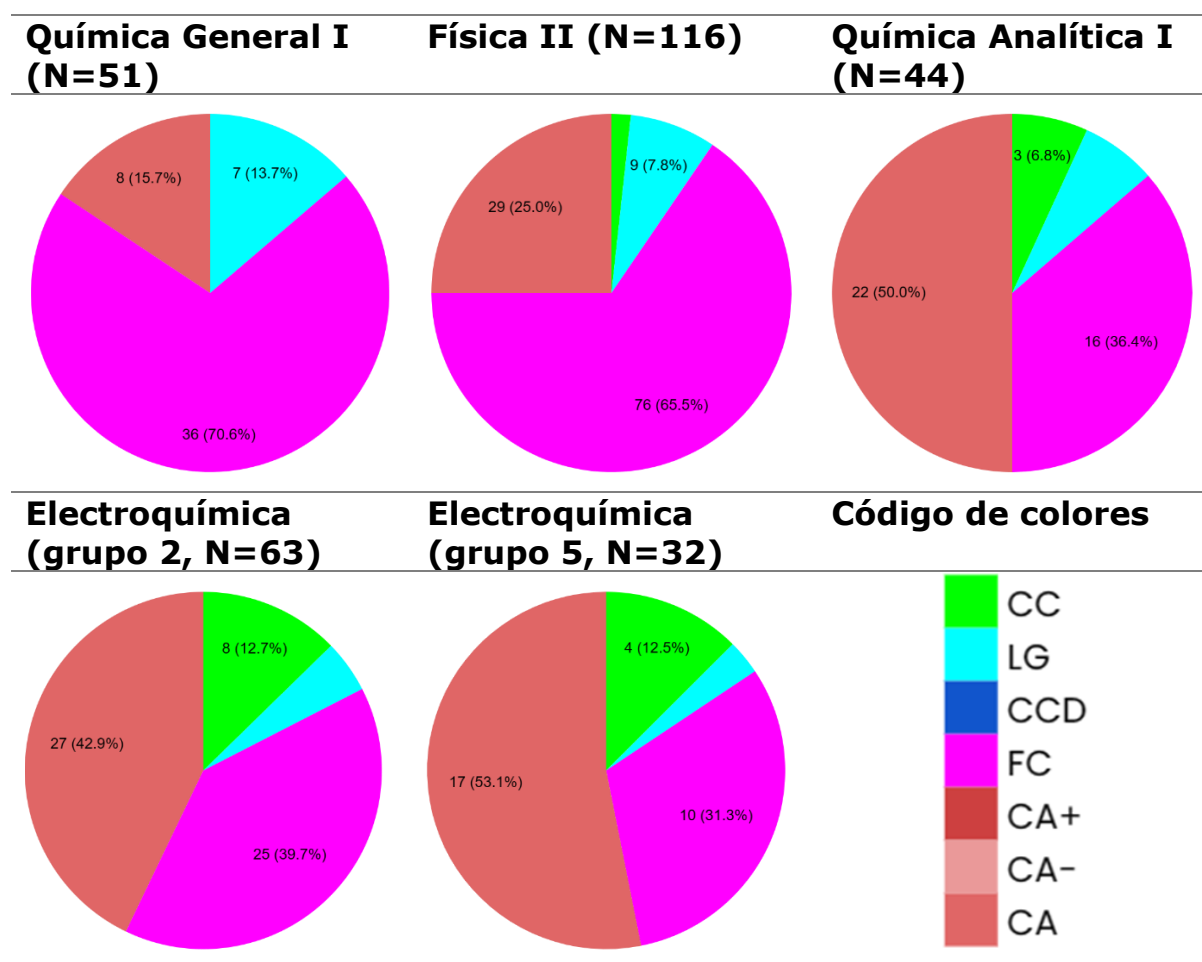
S_p = Seguridad promedio reportada al responder

Eje vertical= frecuencia

Eje horizontal= niveles del mapa de construcción

La tabla 20 muestra el resumen de los resultados obtenidos, clasificados de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 3. Estas gráficas también se encuentran ordenadas de primer semestre hasta quinto. Se observa que las dos categorías mayoritarias en todos los grupos son "FC" ("Falta de Conocimiento", categoría principal en los dos primeros semestres) y "CA" ("Concepción Alternativa", más prevalente en cuarto y quinto semestre). Ambas categorías se emplean para clasificar respuestas incorrectas, cambiando solamente el valor de seguridad reportada al responder, siendo menor o igual a cinco para "FC" y mayor o igual a seis para "CA".

Tabla 20. Clasificación de las respuestas obtenidas para el ítem #5 de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 3.

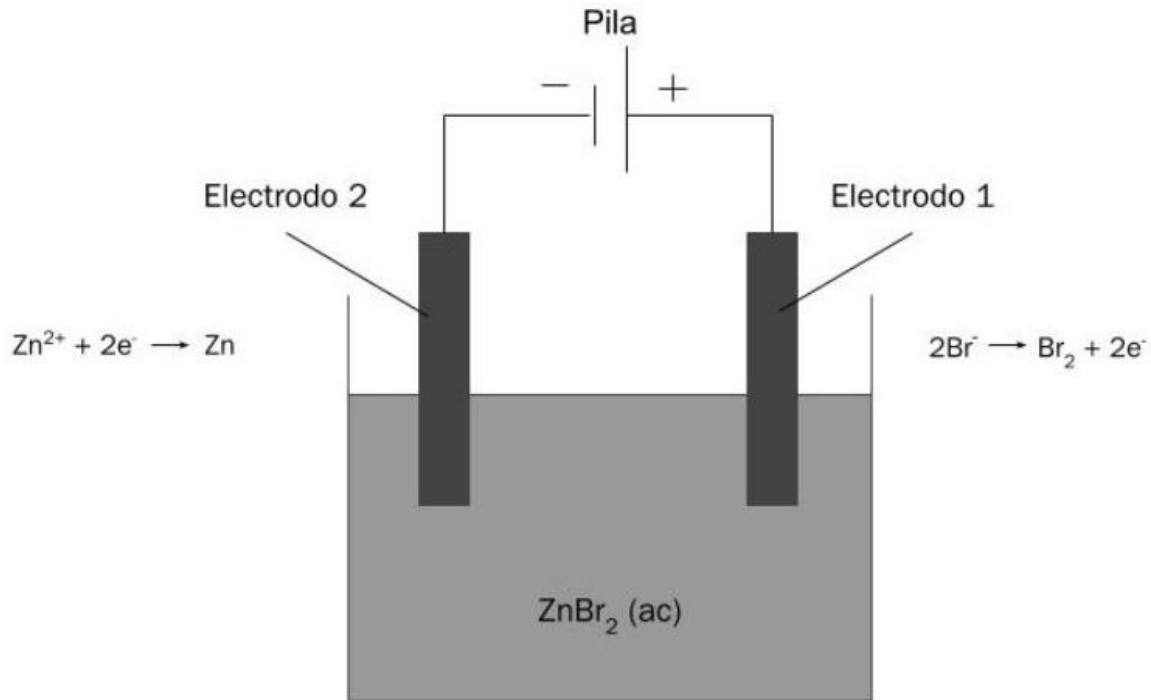


De acuerdo con los mapas Wright (Anexo II), el ítem #5 es considerando entre medianamente difícil y difícil, estando fuera de la habilidad de responder de la mayoría de los estudiantes, independientemente del semestre estudiado.

ÍTEM #6

El ítem #6 evalúa si el estudiantado conoce las propiedades conductoras de los componentes de una celda electrolítica que permiten el flujo electrónico en dicha celda, así como la dirección de dicho flujo.

¿Cuál es la dirección del flujo de electrones en el diagrama siguiente cuando la celda está operando?



- Del electrodo 2 al electrodo 1 a través de la disolución de ZnBr_2
- Del electrodo 1 al electrodo 2 a través de la disolución de ZnBr_2
- Del electrodo 2 al electrodo 1 a través del cable
- Del electrodo 1 al electrodo 2 a través del cable

Porque:

- Los cationes en el electrolito migran al electrodo 1 y aceptan electrones
- Los aniones en el electrolito migran al electrodo 1 y ceden electrones
- Los aniones en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones
- Los cationes en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones

En la tabla 21 se propone el mapa de construcción para las posibles respuestas obtenidas en esta pregunta. El nivel 5 es el nivel más alto y corresponde a la respuesta correcta. Los niveles 4 a 0 corresponden a las otras respuestas posibles. Cada nivel es justificado mediante los criterios que se utilizaron para definirlo, así como los ejemplos de respuestas obtenidas en los diversos cuestionarios.

Tabla 21. Mapa de construcción de las respuestas obtenidas para el ítem #6.

NIVEL	DESCRIPCIÓN
5	El estudiante es capaz de describir el movimiento electrónico dentro de una celda electrolítica en funcionamiento, además de poder explicar por qué sucede de esa manera.
4	<p>El estudiante es capaz de identificar el movimiento electrónico dentro de una celda electrolítica en funcionamiento, pero no puede justificarlo.</p> <p>Errores comunes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>1º escalón:</i> Del electrodo 1 al electrodo 2 a través del cable. <i>2º escalón:</i> Los cationes en el electrolito migran al electrodo 1 y aceptan electrones • <i>1º escalón:</i> Del electrodo 1 al electrodo 2 a través del cable. <i>2º escalón:</i> Los aniones en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones • <i>1º escalón:</i> Del electrodo 1 al electrodo 2 a través del cable. <i>2º escalón:</i> Los cationes en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones.
3	<p>El estudiante describe de manera inversa el flujo electrónico en una celda electrolítica en funcionamiento.</p> <p>Errores comunes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>1º escalón:</i> Del electrodo 2 al electrodo 1 a través del cable. <i>2º escalón:</i> Los cationes en el electrolito migran al electrodo 1 y aceptan electrones • <i>1º escalón:</i> Del electrodo 2 al electrodo 1 a través del cable. <i>2º escalón:</i> Los aniones en el electrolito migran al electrodo 1 y ceden electrones

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>1º escalón</i>: Del electrodo 2 al electrodo 1 a través del cable. <i>2º escalón</i>: Los aniones en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones • <i>1º escalón</i>: Del electrodo 2 al electrodo 1 a través del cable. <i>2º escalón</i>: Los cationes en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones
<p style="text-align: center;">2</p>	<p>El estudiante es capaz de establecer la dirección del flujo electrónico, pero propone un mecanismo de migración electrónica a través de la disolución.</p> <p>Errores comunes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>1º escalón</i>: Del electrodo 1 al electrodo 2 a través de la disolución de $ZnBr_2$. <i>2º escalón</i>: Los cationes en el electrolito migran al electrodo 1 y aceptan electrones •
<p style="text-align: center;">1</p>	<p>El estudiante describe de manera inversa el flujo electrónico en la celda electrolítica en funcionamiento, además de que plantea un mecanismo de migración electrónica a través de la disolución.</p> <p>Errores comunes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>1º escalón</i>: Del electrodo 1 al electrodo 2 a través de la disolución de $ZnBr_2$. <i>2º escalón</i>: Los aniones en el electrolito migran al electrodo 1 y ceden electrones • <i>1º escalón</i>: Del electrodo 1 al electrodo 2 a través de la disolución de $ZnBr_2$. <i>2º escalón</i>: Los aniones en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones • <i>1º escalón</i>: Del electrodo 1 al electrodo 2 a través de la disolución de $ZnBr_2$. <i>2º escalón</i>: Los cationes en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones • <i>1º escalón</i>: Del electrodo 2 al electrodo 1 a través de la disolución de $ZnBr_2$. <i>2º escalón</i>: Los cationes en el electrolito migran al electrodo 1 y aceptan electrones • <i>1º escalón</i>: Del electrodo 2 al electrodo 1 a través de la disolución de $ZnBr_2$. <i>2º escalón</i>: Los aniones en el electrolito migran al electrodo 1 y ceden electrones

- *1º escalón:* Del electrodo 2 al electrodo 1 a través de la disolución de $ZnBr_2$. *2º escalón:* Los aniones en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones
- *1º escalón:* Del electrodo 2 al electrodo 1 a través de la disolución de $ZnBr_2$. *2º escalón:* Los cationes en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones

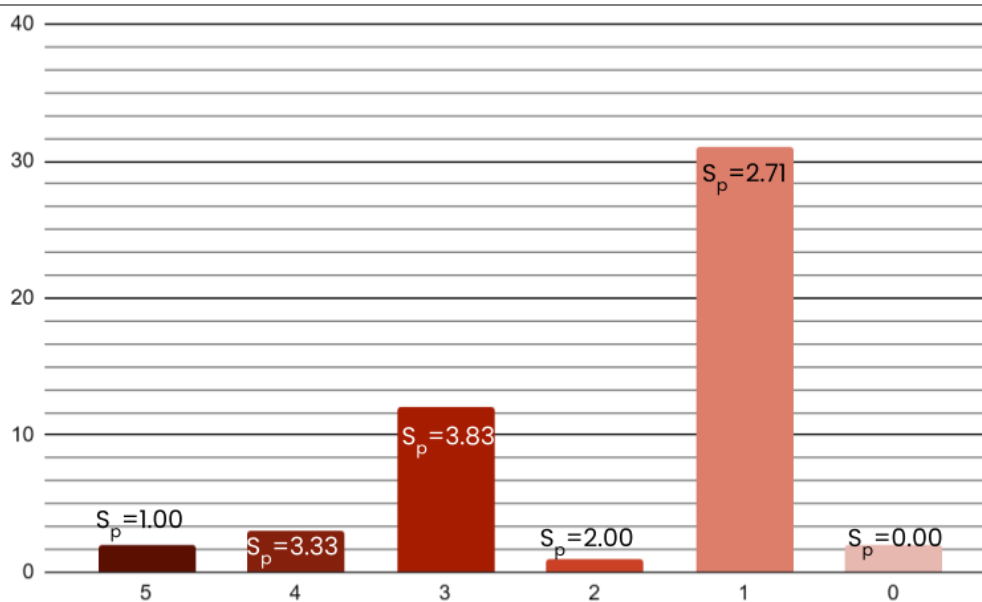
0

Sin respuesta

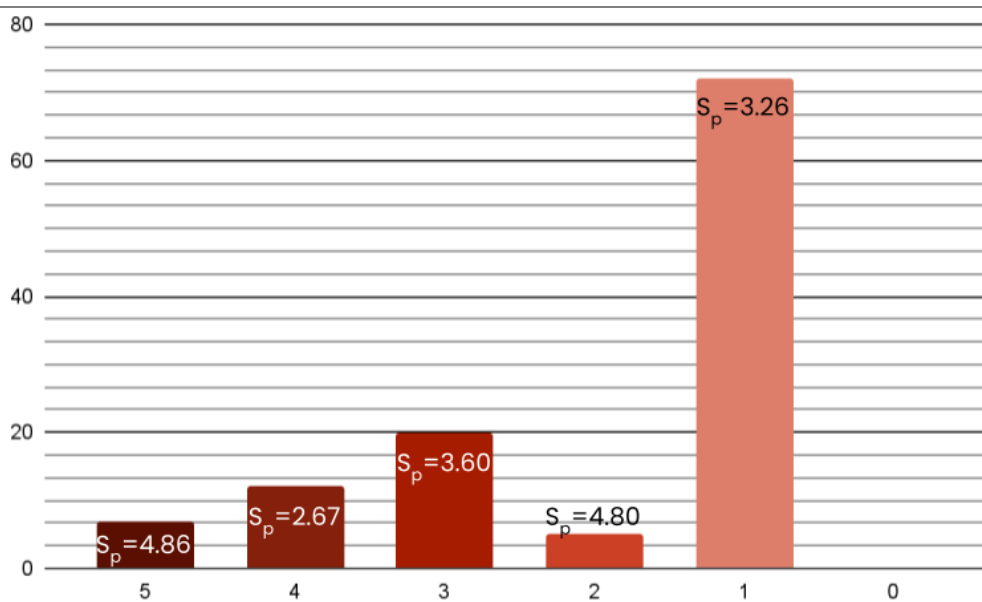
Para los cinco grupos estudiados, se estableció la frecuencia de cada uno de los niveles descritos en la tabla 21. Los resultados de este análisis se reportan en la tabla 22. En cada una de las gráficas reportadas se indica también el promedio de seguridad reportada al responder para cada uno de los niveles analizados. La tabla se encuentra organizada desde primer semestre hasta quinto semestre para poder comparar la progresión que se observa en la prevalencia de cada nivel, así como el cambio en la seguridad promedio reportada al responder. Se observa que el nivel mayoritario en todos los semestres es el 1, el cual corresponde a un entendimiento poco profundo sobre la dirección del flujo electrónico en una celda electrolítica, así como la propuesta de mecanismos de migración electrónica no posibles en disolución. Esto es consistente con lo observado en el ítem #5 ("Puente salino"), ya que el estudiantado demostró poseer únicamente las nociones más básicas sobre conducción electrónica, por lo que es posible que propongan mecanismos de migración electrónica no posibles en disolución. La seguridad promedio reportada al responder aumenta en semestres superiores, lo cual sigue la tendencia general de todos los ítems, sin embargo, en este caso particular, sólo se reportan dos instancias de obtener un valor de seguridad promedio igual o mayor que seis.

Tabla 22. Resumen de los resultados obtenidos para el ítem #6, clasificados de acuerdo con los niveles propuestos para el mapa de construcción explicados en la tabla 21.

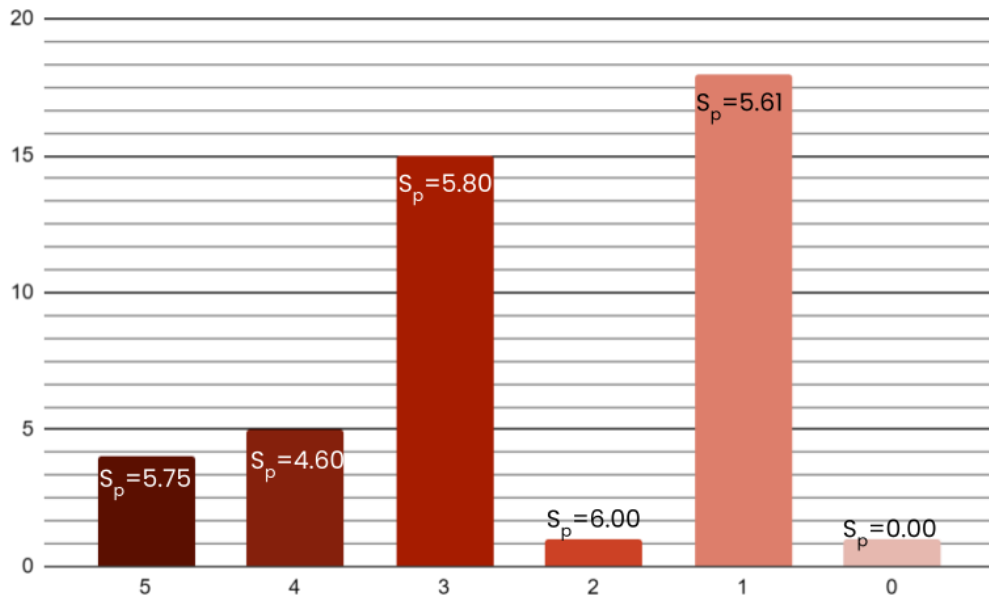
Química General I (N=51)



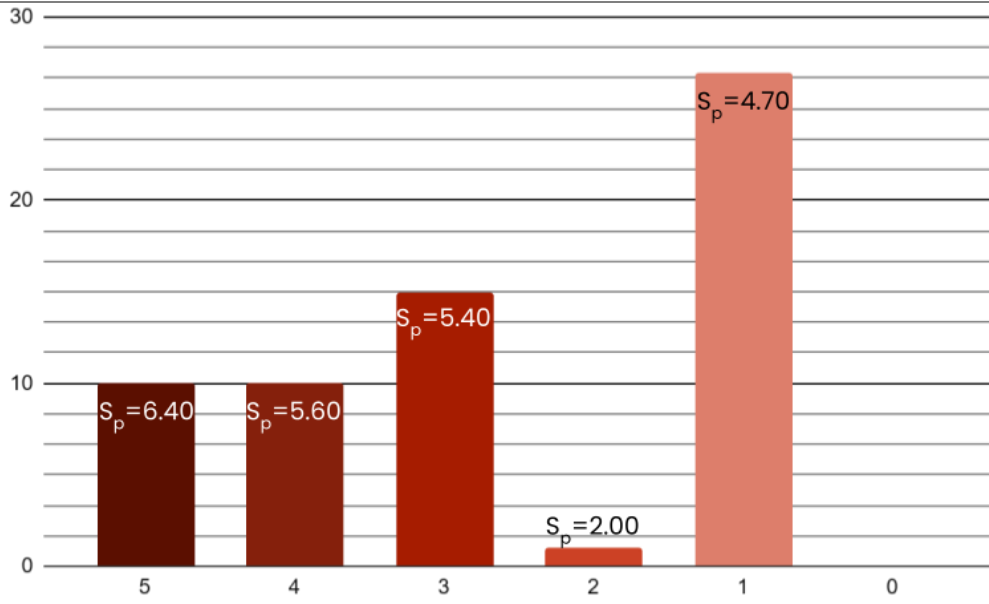
Física II (N=116)



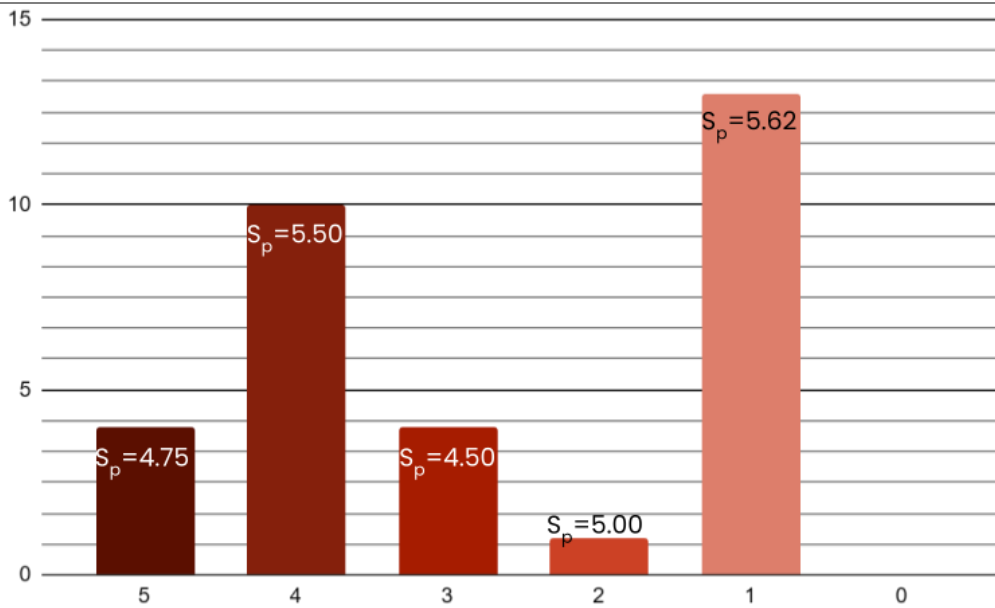
Química Analítica I (N=44)



Electroquímica (grupo 2, N=63)



Electroquímica (grupo 5, N=32)



Notas:

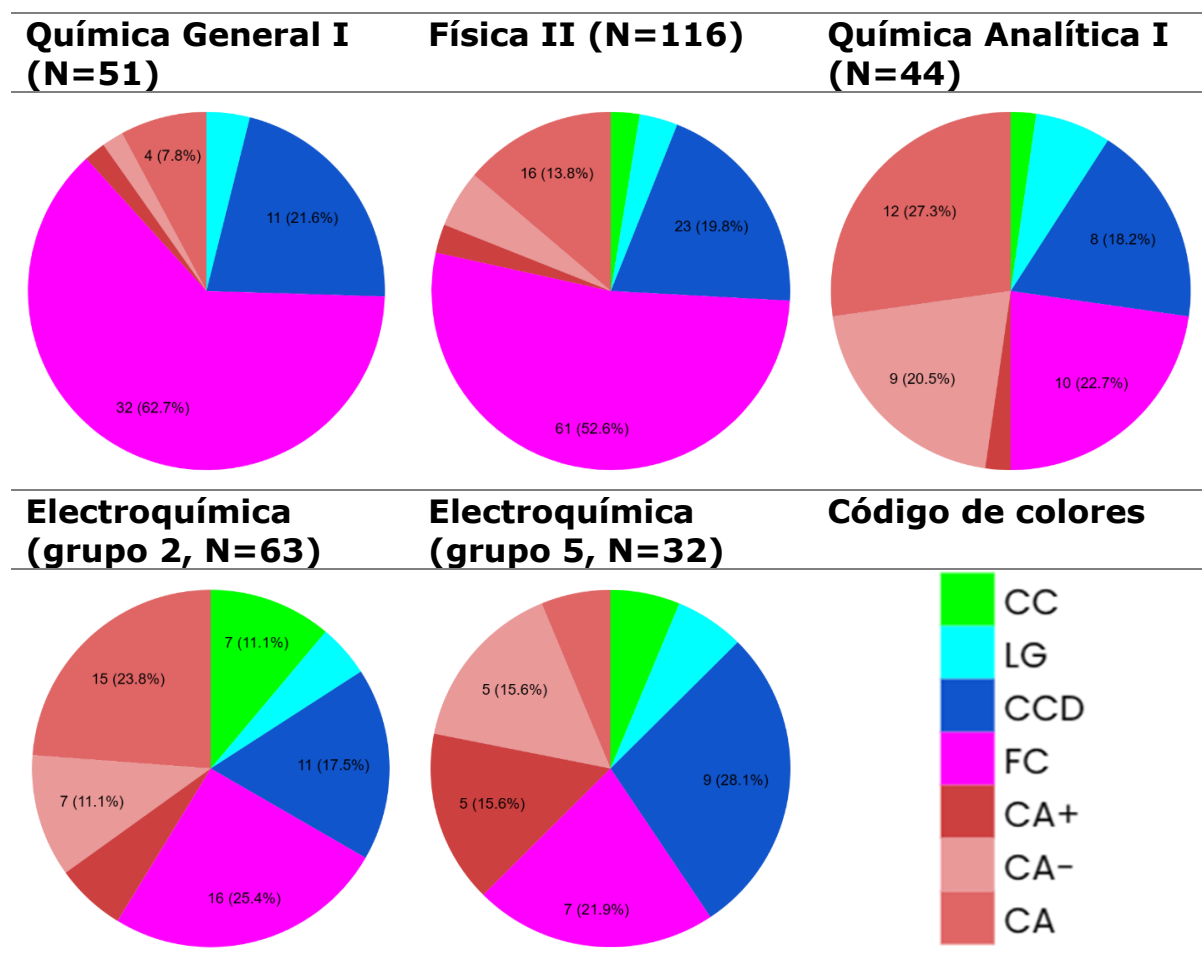
S_p = Seguridad promedio reportada al responder

Eje vertical= frecuencia

Eje horizontal= niveles del mapa de construcción

La tabla 23 muestra el resumen de los resultados obtenidos, clasificados de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 3. Estas gráficas también se encuentran ordenadas de primer semestre hasta quinto. En todos los semestres se observa que una de las clasificaciones principales es "FC" ("Falta de Conocimiento"), y en cuarto y quinto semestre también es "CA" ("Concepción Alternativa"); ambas categorías se refieren a preguntas que han sido respondidas incorrectamente en ambos escalones, cambiando sólo la seguridad reportada al responder, siendo para "FC" menor o igual a cinco, y para "CA" mayor o igual que seis. Esto concuerda con el aumento en la seguridad reportada al responder que se discutió sobre la tabla 22, así como con el hecho de que los niveles más prevalentes fueron entre 4 y 0.

Tabla 23. Clasificación de las respuestas obtenidas para el ítem #6 de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 3.

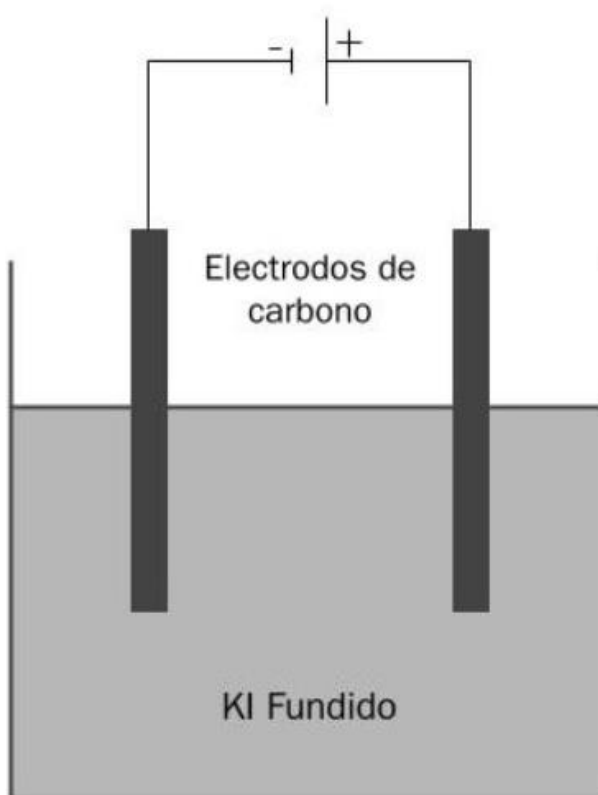


De acuerdo con los mapas Wright analizados (Anexo II), el ítem #6 se clasifica como difícil para todos los grupos evaluados, rebasando la habilidad para responder de la mayoría de los estudiantes.

ÍTEM #7

En el ítem #7 se evalúa si el estudiantado conoce las definiciones de cátodo y ánodo.

Considera la celda representada en el diagrama. El cátodo es el electrodo ____ y el ánodo es el electrodo ____.



- *Negativo, positivo.*
- *Positivo, negativo.*
- *No puede saberse con la información proporcionada.*

¿Por qué elegiste esa opción? ¿Cómo sabes que es la respuesta correcta?

Porque en una celda electrolítica, el cátodo es el electrodo negativo, donde se lleva a cabo la reducción, y el ánodo es el electrodo positivo, donde se lleva a cabo la oxidación.

En la tabla 24 se propone el mapa de construcción para las posibles respuestas obtenidas en esta pregunta. El nivel 5 es el nivel más alto y corresponde a la respuesta correcta. Los niveles 4 a 0 corresponden a las otras respuestas posibles. Cada nivel es justificado mediante los criterios que se utilizaron para definirlo, así como los ejemplos de respuestas obtenidas en los diversos cuestionarios.

Tabla 24. Mapa de construcción de las respuestas obtenidas para el ítem #7.

NIVEL	DESCRIPCIÓN
5	El estudiante puede reconocer el cátodo y el ánodo de una celda electrolítica identificando correctamente su polaridad y las reacciones que ocurren en cada uno.
4	<p>El estudiante puede reconocer la polaridad del cátodo y del ánodo en una celda electrolítica, pero establece que los electrodos en cualquier celda electroquímica siempre tendrán esa polaridad.</p> <p>Errores comunes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>1º escalón:</i> negativo, positivo. <i>2º escalón:</i> porque el cátodo siempre es negativo y el ánodo siempre es positivo.
3	<p>El estudiante no puede identificar la polaridad de los electrodos de una celda electrolítica. Utiliza argumentos "etimológicos" o de relación de conceptos para identificar los electrodos.</p> <p>Errores comunes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>1º escalón:</i> positivo, negativo. <i>2º escalón:</i> porque cátodo viene de "cat"-catión que es positivo, y ánodo viene de "an"-anión que es negativo • <i>1º escalón:</i> positivo, negativo. <i>2º escalón:</i> porque los cátodos son de cationes (positivos) y los ánodos son de aniones (negativos)
2	<p>El estudiante no puede identificar el cátodo y el ánodo de una celda electrolítica, argumentando que se posee información insuficiente para responder.</p> <p>Errores comunes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>1º escalón:</i> No puede saberse con la información proporcionada. <i>2º escalón:</i> se debe conocer el material de los electrodos y sus potenciales de reducción
1	<p>El estudiante argumenta que el lugar físico de los electrodos determina el tipo de electrodo.</p> <p>Errores comunes:</p>

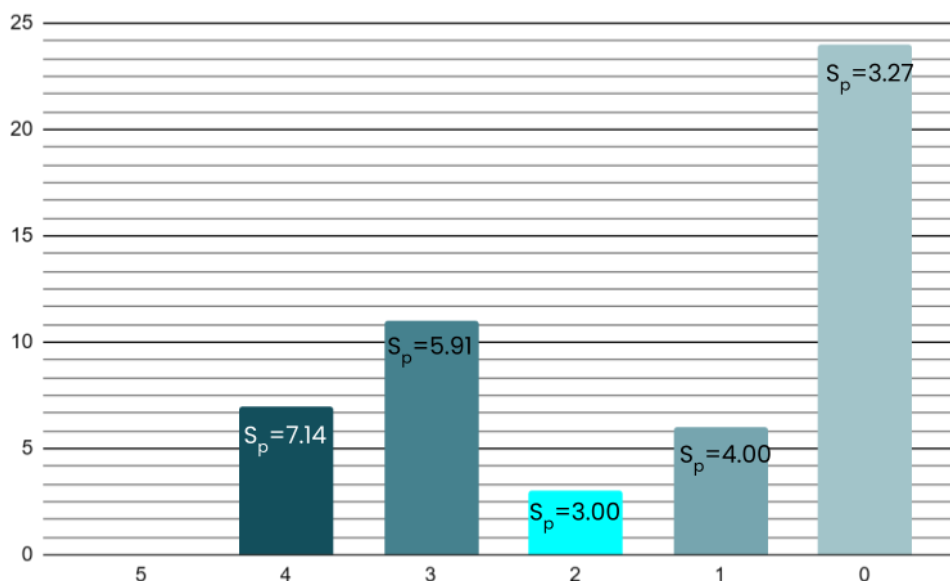
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>1º escalón:</i> positivo, negativo. <i>2º escalón:</i> por la posición de los electrodos • <i>1º escalón:</i> positivo, negativo. <i>2º escalón:</i> por el diagrama • <i>1º escalón:</i> negativo, positivo. <i>2º escalón:</i> por la posición de los electrodos • <i>1º escalón:</i> negativo, positivo. <i>2º escalón:</i> por el diagrama
0	Sin respuesta

Para los cinco grupos estudiados, se estableció la frecuencia de cada uno de los niveles descritos en la tabla 24. Los resultados de este análisis se reportan en la tabla 25. En cada una de las gráficas reportadas se indica también el promedio de seguridad reportada al responder para cada uno de los niveles analizados. La tabla se encuentra organizada desde primer semestre hasta quinto semestre para poder comparar la progresión que se observa en la prevalencia de cada nivel, así como el cambio en la seguridad promedio reportada al responder. Se observa que en todos los grupos el nivel 0 que corresponde a "Sin respuesta" es el más prevalente, esto se debe en gran medida a que uno de los escalones del ítem #7 es una pregunta abierta donde el estudiantado debe justificar su respuesta anterior; al ser una pregunta abierta, todas las respuestas obtenidas que no justifican lo que se pide fueron consideradas en esta categoría, por ejemplo: "es el correcto", "por definición", "batería de auto", etcétera. A pesar de que el estudiantado no muestra mejores habilidades argumentativas en semestres superiores, la seguridad que reportan al responder sí aumenta. Análogamente como en el ítem #1, se puede observar que existe una gran dificultad del estudiantado para poder argumentar su respuesta; en los primeros semestres, se observa como una falta de conocimiento y se registra un alto nivel de desconfianza al responder, sin embargo, en semestres más avanzados, se puede observar que los estudiantes adquieren vocabulario más técnico y

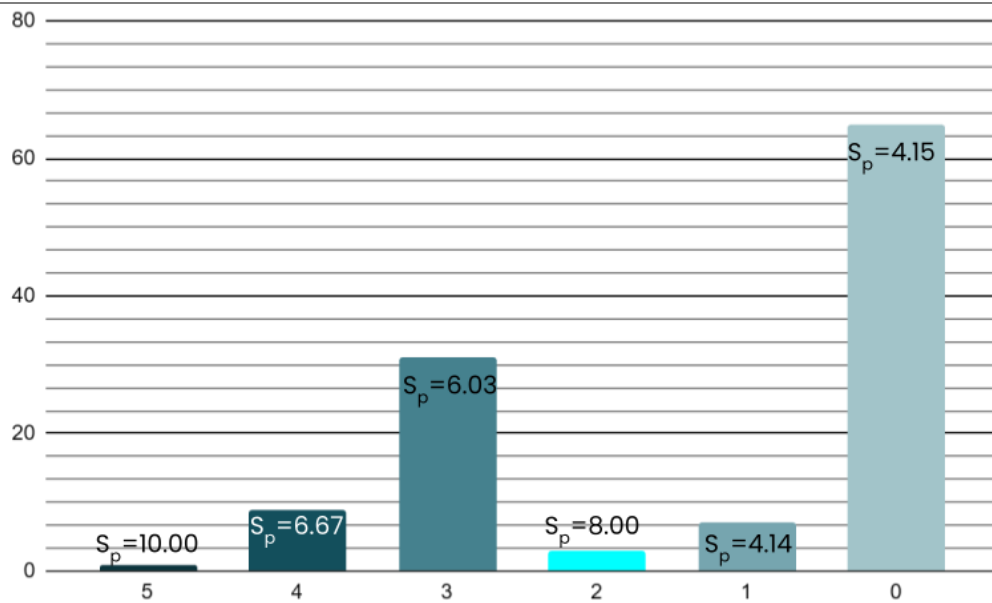
comienzan a esbozar modelos mentales de conceptos químicos, pero hace falta robustecerlos con conceptos que serán funcionales a largo plazo, por ejemplo, muchos estudiantes argumentaron que el cátodo siempre es positivo/negativo y el ánodo siempre es negativo/positivo, dando diferentes motivos para considerarlo así, desde recordar haberlo aprendido que “es lo contrario” hasta razones “etimológicas”. Sin embargo, este tipo de aprendizaje excluye una parte importante de la definición de cátodo y ánodo, y es qué tipo de reacción redox ocurre en cada electrodo; que los estudiantes aprendan que en el cátodo se lleva a cabo la reducción y en el ánodo la oxidación será útil no sólo para poder comprender y explicar una celda electrolítica, sino también una galvánica.

Tabla 25. Resumen de los resultados obtenidos para el ítem #7, clasificados de acuerdo con los niveles propuestos para el mapa de construcción explicados en la tabla 24.

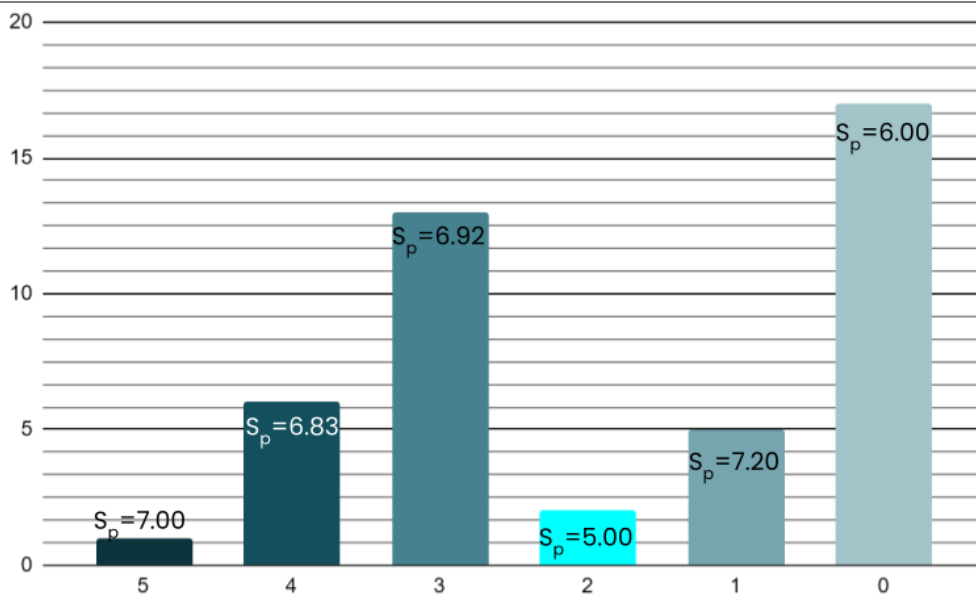
Química General I (N=51)



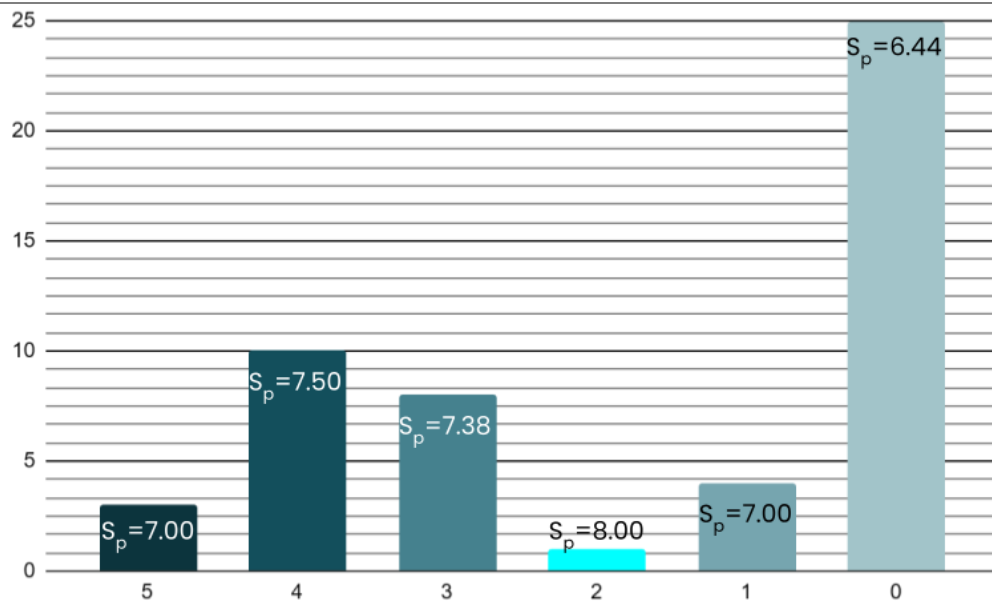
Física II (N=116)



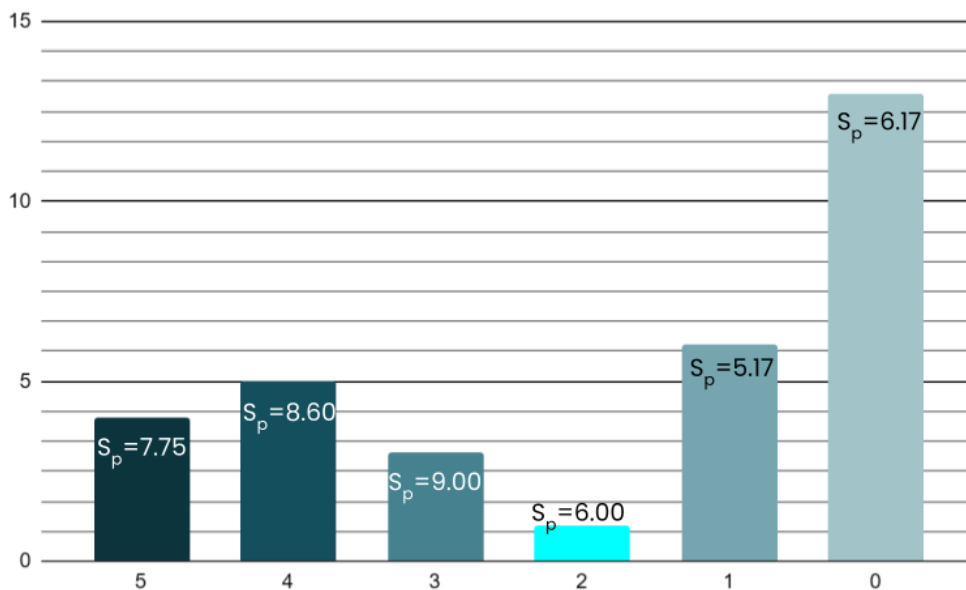
Química Analítica I (N=44)



Electroquímica (grupo 2, N=63)



Electroquímica (grupo 5, N=32)



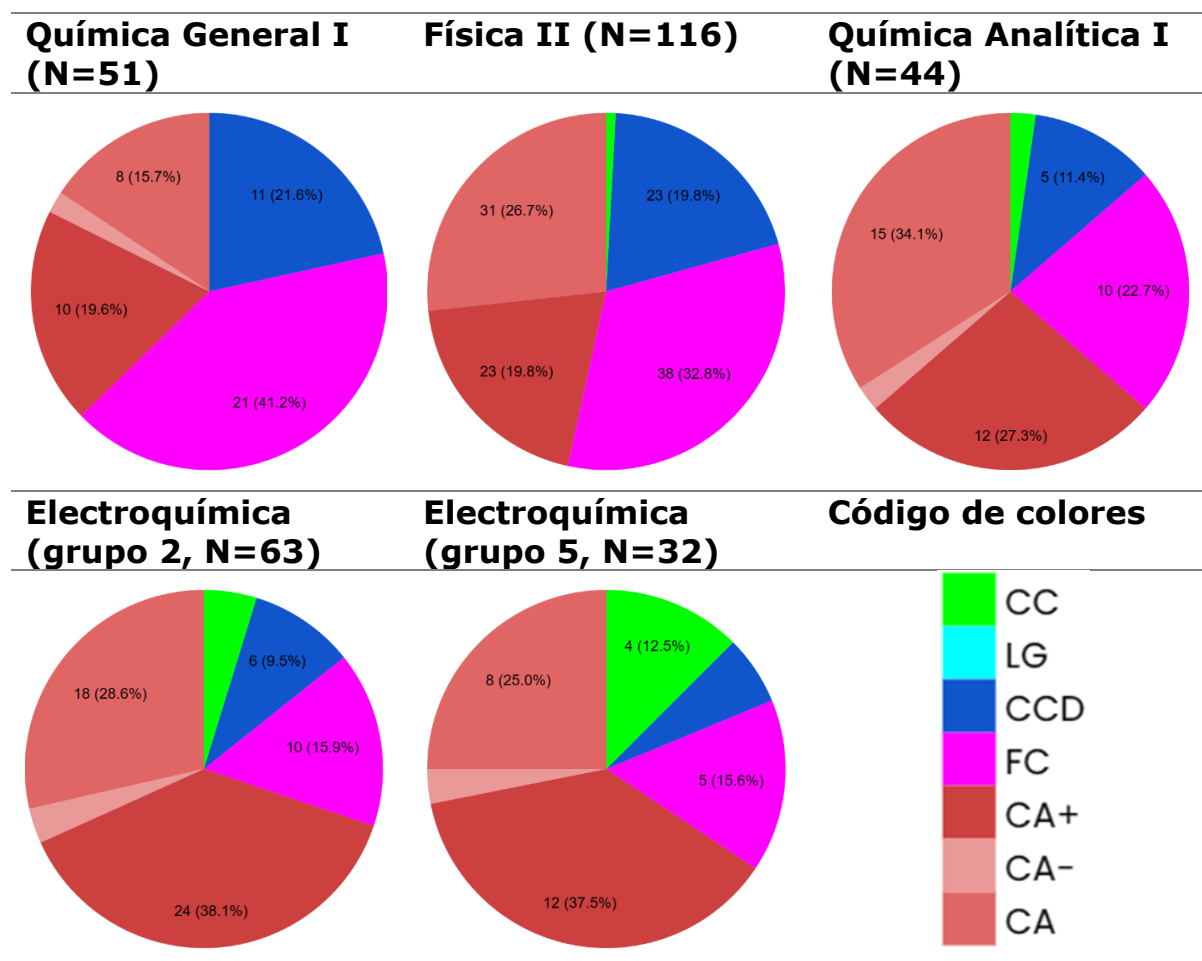
Notas:

S_p = Seguridad promedio reportada al responder
 Eje vertical= frecuencia
 Eje horizontal= niveles del mapa de construcción

La tabla 26 muestra el resumen de los resultados obtenidos, clasificados de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 3. Estas gráficas también se encuentran ordenadas de primer semestre hasta quinto. Se observa que una de las clasificaciones principales es "FC"

("Falta de Conocimiento"), y en cuarto y quinto semestre también es "CA" ("Concepción Alternativa"); ambas categorías se refieren a preguntas que han sido respondidas incorrectamente en ambos escalones, cambiando sólo la seguridad reportada al responder, siendo para "FC" menor o igual a cinco, y para "CA" mayor o igual que seis. Esto concuerda con el aumento en la seguridad reportada al responder que se discutió sobre la tabla 25, así como con el hecho de que el nivel más prevalente haya sido 0.

Tabla 26. Clasificación de las respuestas obtenidas para el ítem #7 de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 3.



De acuerdo con los mapas Wright analizados (Anexo II), el ítem #7 se clasifica como el ítem más difícil de responder para todos los grupos

evaluados, sobrepasando la habilidad de responder de todos los alumnos excepto uno de quinto semestre.

ÍTEM #8

En el ítem #8 se evalúa si el estudiantado es capaz de aplicar sus conocimientos sobre oxidación-reducción y flujo electrónico en una celda electrolítica para proponer el diseño de una celda de electrodeposición.

Para electrodepositar Cr sobre un objeto de acero se deberá colocar Cr puro en:

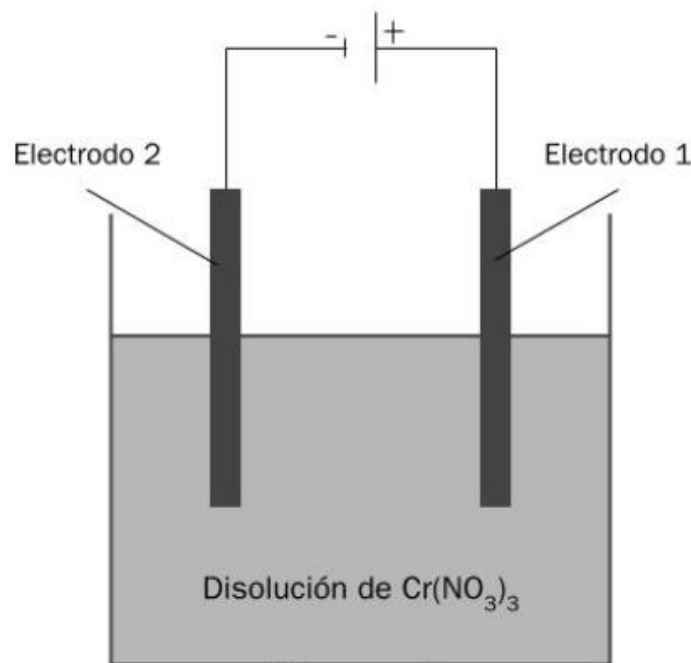
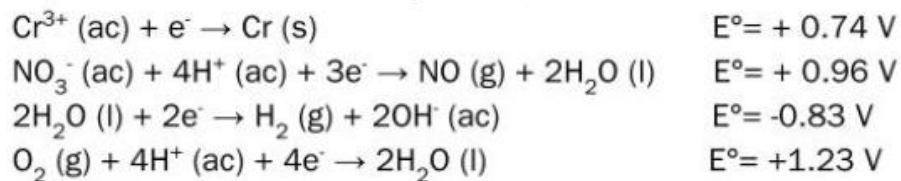


Diagrama 6



- *El electrodo 1*
- *El electrodo 2*

Porque:

- *Los átomos de Cr en el electrodo 2 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del cable al electrodo 1 donde aceptan electrones y se depositan como Cr*
- *Los átomos de Cr en el electrodo 1 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del cable al electrodo 2 donde aceptan electrones y se depositan como Cr*
- *Los átomos de Cr en el electrodo 1 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del electrolito al electrodo 2 donde aceptan electrones y se depositan como Cr*
- *Los átomos de Cr en el electrodo 2 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del electrolito al electrodo 1 donde aceptan electrones y se depositan como Cr*

En la tabla 27 se propone el mapa de construcción para las posibles respuestas obtenidas en esta pregunta. El nivel 5 es el nivel más alto y corresponde a la respuesta correcta. Los niveles 4 a 0 corresponden a las otras respuestas posibles. Cada nivel es justificado mediante los criterios que se utilizaron para definirlo, así como los ejemplos de respuestas obtenidas en los diversos cuestionarios.

Tabla 27. Mapa de construcción de las respuestas obtenidas para el ítem #8.

NIVEL	DESCRIPCIÓN
5	El estudiante es capaz de describir el diseño de una celda de electrodeposición, seleccionando correctamente en cuál electrodo debería colocarse el metal y justificar su respuesta, explicando los procesos redox y de migración iónica que suceden.
4	El estudiante es capaz de seleccionar el electrodo donde se debería colocar cromo en el primer escalón, pero los procesos redox y de migración iónica son descritos inversamente al sentido en el que ocurren. Errores comunes: <ul style="list-style-type: none"> • <i>1º escalón:</i> El electrodo 1. <i>2º escalón:</i> Los átomos de Cr en el electrodo 2 liberan electrones formando iones

Cr^{3+} que migran a través del electrolito al electrodo 1 donde aceptan electrones y se depositan como Cr

3

El estudiante no puede elegir en cuál electrodo se debería colocar cromo para electrodepositarlo y describe el proceso en forma inversa o contradictoria.

- *1º escalón:* El electrodo 2. *2º escalón:* Los átomos de Cr en el electrodo 2 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del electrolito al electrodo 1 donde aceptan electrones y se depositan como Cr
- *1º escalón:* El electrodo 2. *2º escalón:* Los átomos de Cr en el electrodo 1 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del electrolito al electrodo 2 donde aceptan electrones y se depositan como Cr

2

El estudiante es capaz de identificar en cuál electrodo se debe colocar cromo para ser electrodepositado, pero no puede justificar su elección, proponiendo migración iónica a través del cable.

Errores comunes:

- *1º escalón:* El electrodo 1. *2º escalón:* Los átomos de Cr en el electrodo 2 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del cable al electrodo 1 donde aceptan electrones y se depositan como Cr
- *1º escalón:* El electrodo 1. *2º escalón:* Los átomos de Cr en el electrodo 1 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del cable al electrodo 2 donde aceptan electrones y se depositan como Cr

1

El estudiante propone colocar el electrodo de cromo en el electrodo contrario para ser electrodepositado, y describe migración electrónica a través del electrolito.

Errores comunes:

- *1º escalón:* El electrodo 2. *2º escalón:* Los átomos de Cr en el electrodo 2 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del cable al electrodo 1 donde aceptan electrones y se depositan como Cr
- *1º escalón:* El electrodo 2. *2º escalón:* Los átomos de Cr en el electrodo 1 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del cable al electrodo 2 donde aceptan electrones y se depositan como Cr

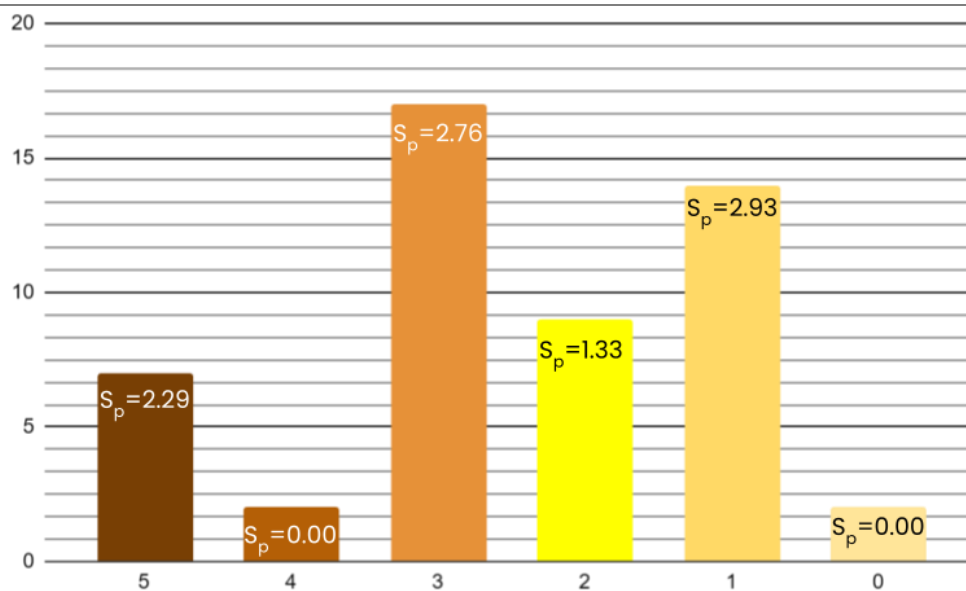
0 Sin respuesta

Para los cinco grupos estudiados, se estableció la frecuencia de cada uno de los niveles descritos en la tabla 27. Los resultados de este análisis se reportan en la tabla 28. En cada una de las gráficas reportadas se indica también el promedio de seguridad reportada al responder para cada uno de los niveles analizados. La tabla se encuentra organizada desde primer semestre hasta quinto semestre para poder comparar la progresión que se observa en la prevalencia de cada nivel, así como el cambio en la seguridad promedio reportada al responder. Se observa que el nivel mayoritario es el 3, a excepción del grupo de Física II en la cual fue el nivel 1. En general, estos dos niveles describen casos en los que el estudiantado no es capaz de diseñar la celda de electrodeposición que se solicita, siendo contradictorios en sus elecciones o proponiendo mecanismos de migración electrónica no posibles. Cabe resaltar que el nivel 1, donde se describe dicha migración electrónica imposible, es el más prevalente en el grupo de Física II, en el cual se puede esperar que se hable de conducción eléctrica, materiales conductores, circuitos, flujo electrónico, entre otros conceptos relacionados, por lo que resulta de especial importancia para esa asignatura aterrizar dicho concepto en la realidad química de que los electrones no pueden fluir solos a través de una disolución electrolítica.

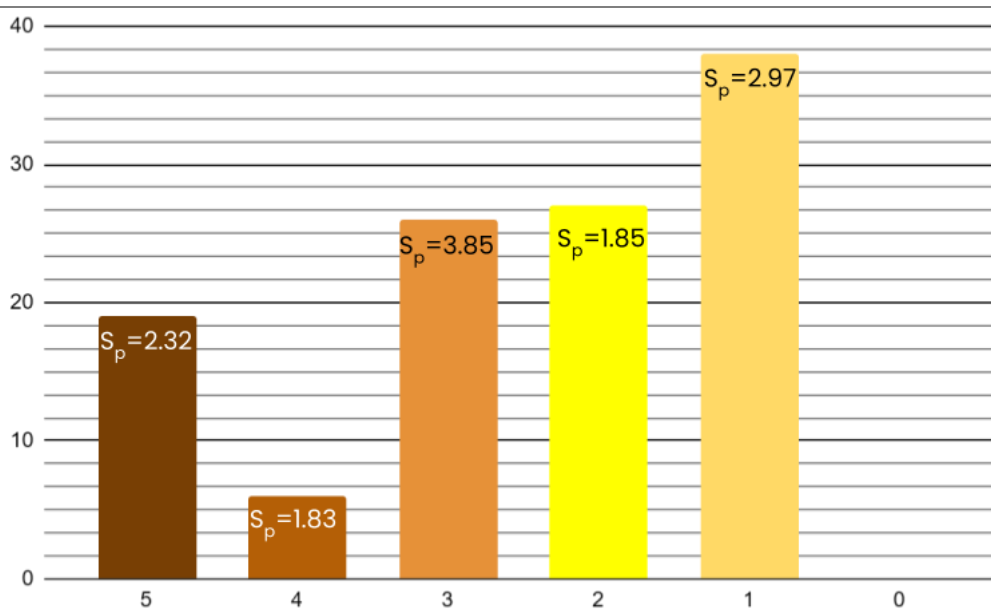
Adicionalmente, en este ítem se reportan los promedios de seguridad al responder más bajos en general, indicando una fuerte posibilidad de que el estudiantado haya elegido las respuestas al azar. Esto concuerda con que la mayoría de las respuestas se puedan clasificar en el nivel 3, en el cual se expresa una contradicción, proponiendo que se debiera colocar cromo en ambos electrodos.

Tabla 28. Resumen de los resultados obtenidos para el ítem #8, clasificados de acuerdo con los niveles propuestos para el mapa de construcción explicados en la tabla 27.

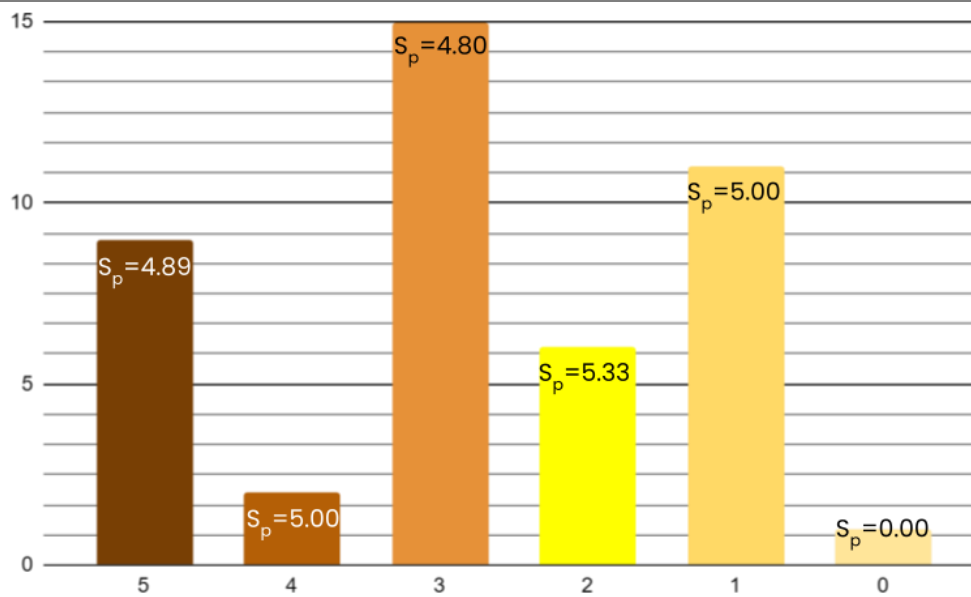
Química General I (N=51)



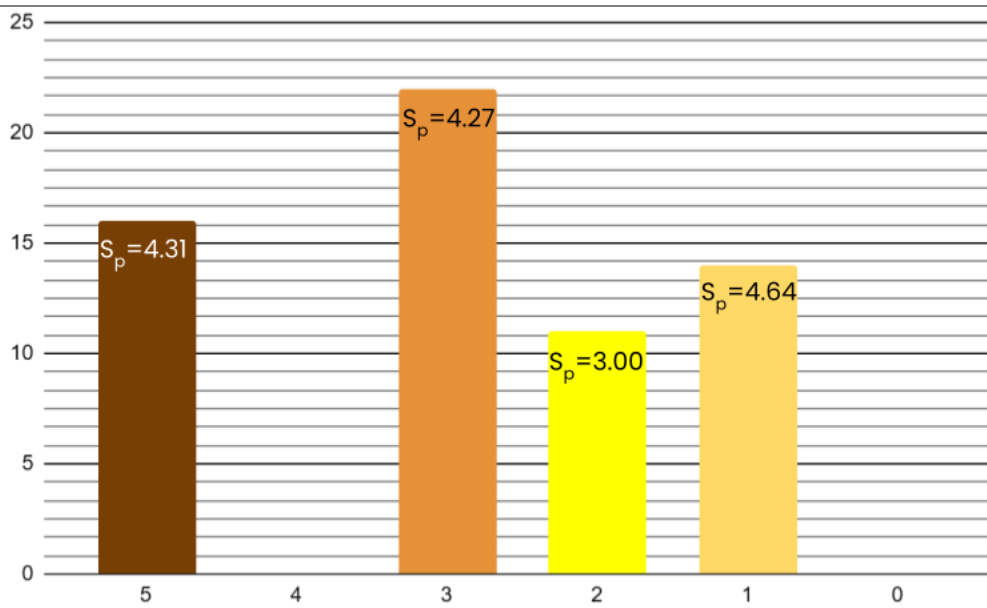
Física II (N=116)



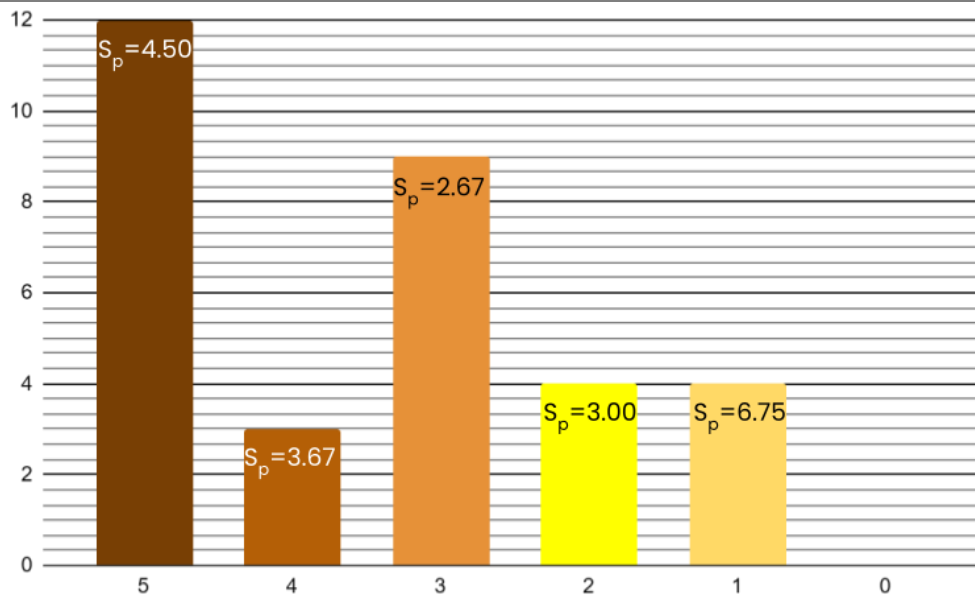
Química Analítica I (N=44)



Electroquímica (grupo 2, N=63)



Electroquímica (grupo 5, N=32)



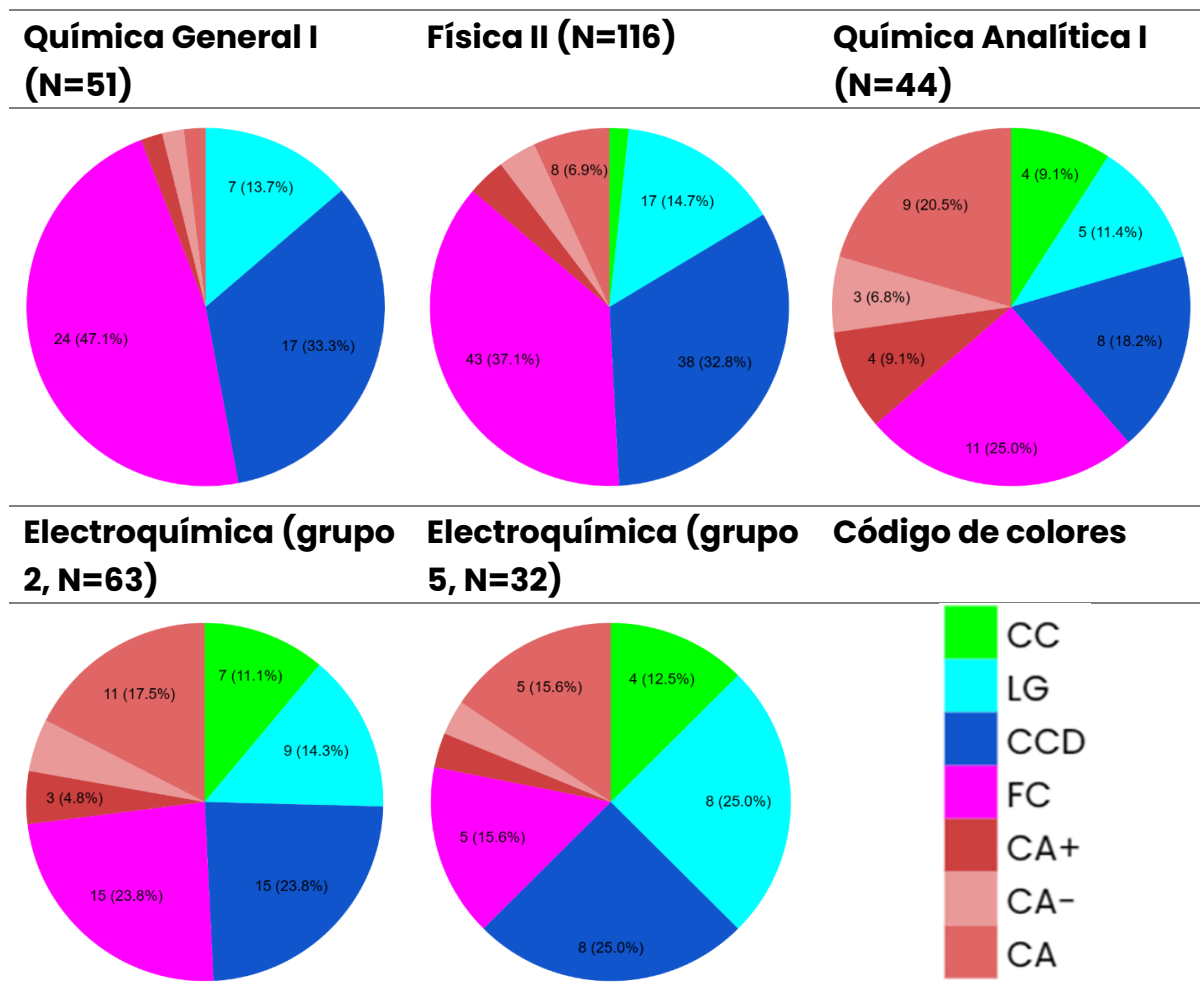
Notas:

S_p = Seguridad promedio reportada al responder
 Eje vertical= frecuencia
 Eje horizontal= niveles del mapa de construcción

La tabla 29 muestra el resumen de los resultados obtenidos, clasificados de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 3. Estas gráficas también se encuentran ordenadas de primer semestre hasta quinto. Se observa que las dos clasificaciones más prevalentes en todos los grupos son "FC" ("Falta de Conocimiento") y "CCD" ("Conocimiento Conceptual Deficiente"), siendo ambas categorías que denotan una seguridad al responder igual o menor que cinco; por su lado, "FC" corresponde a preguntas cuyos ambos escalones fueron respondidos incorrectamente, mientras que "CCD" corresponde a preguntas en las cuales sólo uno de los escalones fue respondido correctamente. La frecuencia de esta categoría ("CCD") es consistente con lo discutido sobre la tabla 28, en la cual se observa que la mayoría de las respuestas obtenidas se encuentran en el nivel 3, en el cual se puede ubicar correctamente el lugar en que se debería colocar como para poder ser electrodepositado, pero se propone que también se

debe colocar en el otro; por lo tanto, uno de los escalones estaría respondido de forma correcta mientras que el otro no.

Tabla 29. Clasificación de las respuestas obtenidas para el ítem #8 de acuerdo con los criterios expuestos en la tabla 3.



De acuerdo con los mapas Wright analizados (Anexo II), el ítem #8 se clasifica como medianamente difícil para todos los grupos. Esto no necesariamente se refiere a la dificultad inherente del ítem, ya que se observa que gran parte del estudiantado dudó mucho al responder esta pregunta, sino que tiene más que ver con la forma en la que el modelo Rasch construye el mapa Wright, ponderando la dificultad de todos los ítems y considerando la habilidad de los estudiantes evaluados. La posición de dificultad de los ítems se relaciona con la dificultad

determinada de los demás; en este caso, ya que se obtuvieron preguntas que resultaron ser mucho más difíciles que el ítem #8, como por ejemplo, el ítem #7, por eso resulta ser medianamente difícil.

A continuación, se discutirán de forma individual cada uno de los grupos estudiados, expandiendo en algunos datos muestrales y brindando ejemplos más específicos de los diversos desafíos que enfrentó el estudiantado al responder el segundo prototipo del Cuestionario de Electroquímica.

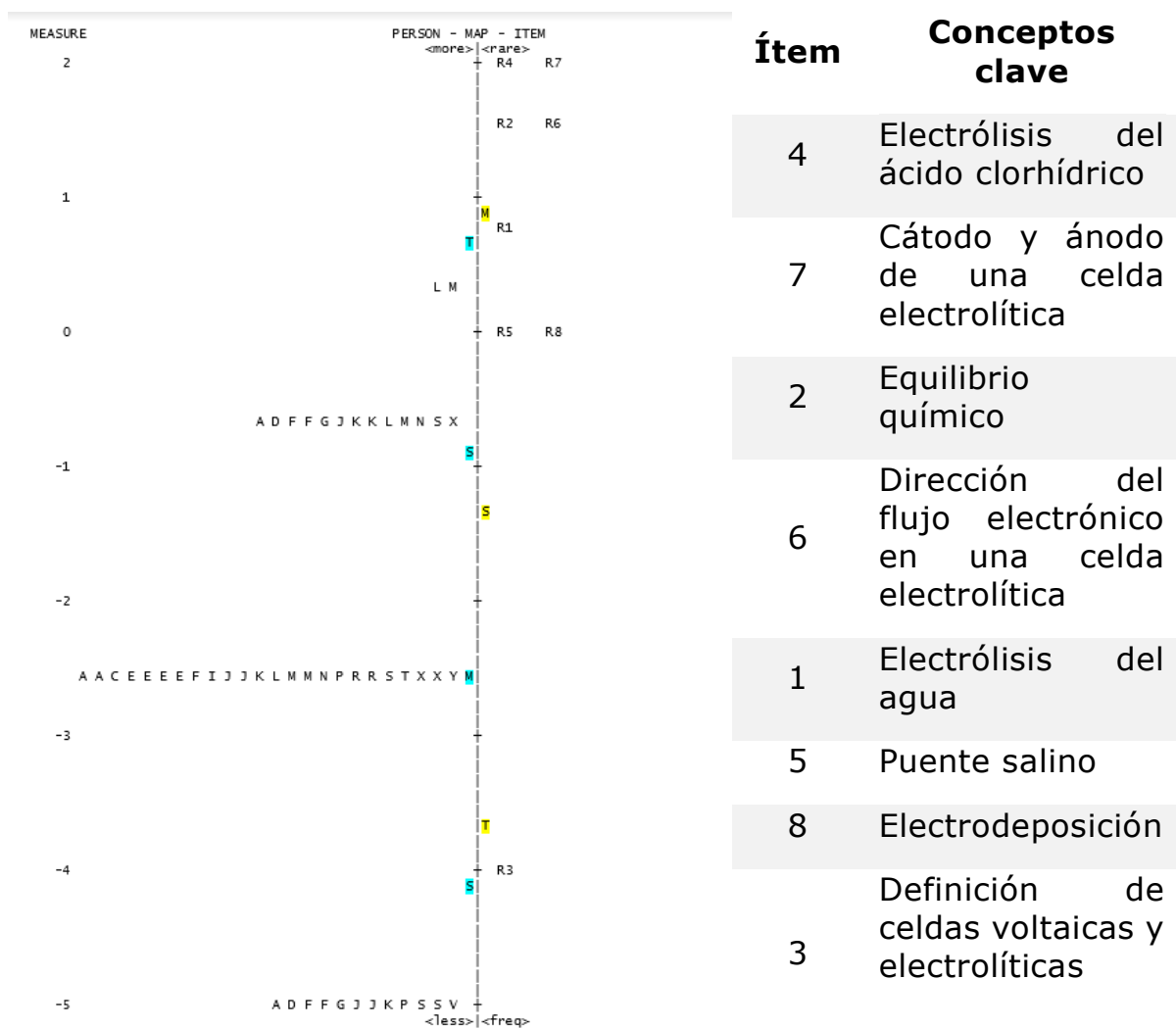
PRIMER SEMESTRE

Química General I

(Grupo 54 - Teoría, Grupo 46 - Laboratorio):

En la tabla 30 se encuentran ordenadas, de mayor dificultad a mayor facilidad, las preguntas aplicadas a 50 de los estudiantes del grupo 54 (Teoría) y 2 de los estudiantes del grupo 46 (Laboratorio) que cursan Química General I (Clave: 1114) en el semestre 2024-1. Ambos grupos fueron analizados a la par para que los resultados obtenidos en el grupo 46 pudieran tener sentido estadístico, ya que no se puede realizar el análisis con sólo dos datos. El orden de dificultad de las preguntas fue determinado utilizando el método Rasch para obtener el mapa Wright donde se jerarquizan tanto las preguntas como los estudiantes de acuerdo a su nivel de dificultad o habilidad respectivamente. También se incluyen las palabras clave de cada pregunta para su posterior discusión.

Tabla 30. Mapa Wright de los grupos 54 (Teoría) y 46 (Laboratorio) de Química General 1.



El mapa Wright puede ser visualizado en un mayor tamaño en el Anexo 2. Las letras M resaltadas son el promedio de la medida (ya sea de la habilidad de los estudiantes, resaltado en turquesa, o de la dificultad de los ítems, resaltado en amarillo), las letras S resaltadas indican la desviación estándar y las letras T resaltadas señalan dos veces la desviación estándar.

En general, esta muestra estudiantil observada presentó dificultades para:

- Argumentar por qué eligieron una respuesta determinada. Esto se presentó principalmente de las siguientes maneras:

- Redacción confusa
- Utilización de respuestas cortas con nulo valor argumentativo, como: “intuición”, “nomás” o “porque sí”.
- Recordar, comprender y aplicar los conceptos fundamentales relacionados con electroquímica, como: electrólisis del agua y del HCl, reacciones redox, cátodo y ánodo, dirección del flujo electrónico en una celda electrolítica, puente salino, electrodeposición y celda voltaica y electrolítica
- Comprender y explicar el equilibrio químico, el significado de la constante de equilibrio y los factores que modifican su valor
- Poder aplicar conceptos relacionados a celdas electroquímicas más allá de sólo recordar dichos conceptos. Esto se observó principalmente ya que la pregunta #3 trata sobre los conceptos de celdas electrolíticas y galvánicas, sin pedir algún tipo de justificación de la respuesta. Esta pregunta fue denotada como la “más sencilla” de responder en el mapa Wright.

SEGUNDO SEMESTRE

Física II

(Grupo 2):

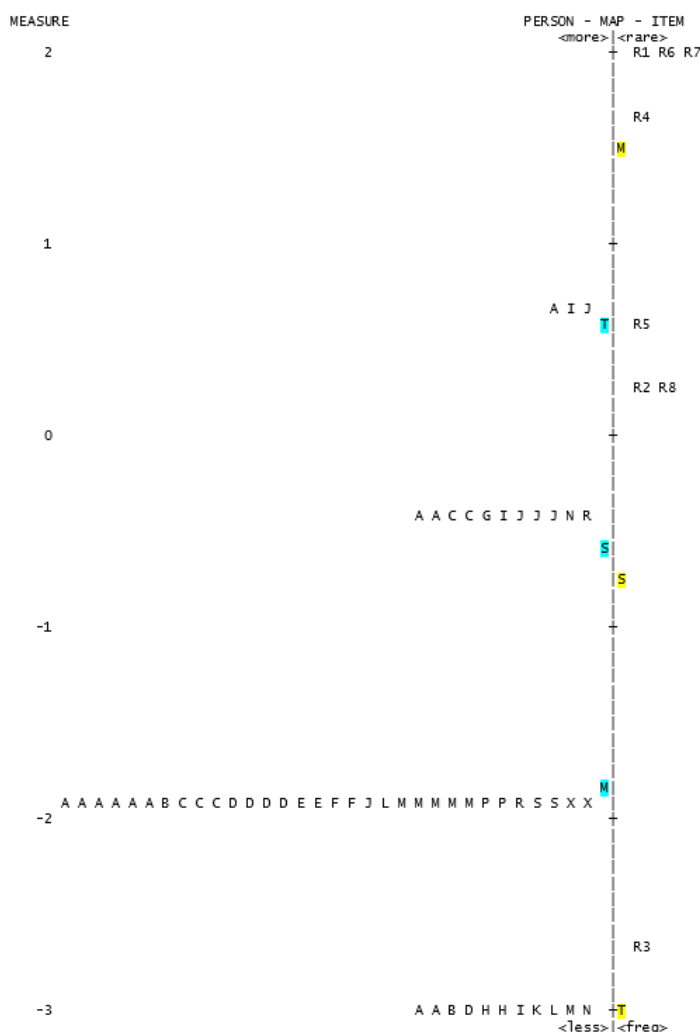
El análisis de los resultados obtenidos al aplicar el Cuestionario de Electroquímica a los estudiantes que cursan Física II en el grupo 2 fueron divididos en dos secciones ya que el software utilizado (Ministep ®) sólo permite el análisis de 65 cuestionarios a la vez.

Primera Parte

En la tabla 31 se encuentran ordenadas, de mayor dificultad a mayor facilidad, las preguntas aplicadas a 57 de los estudiantes Física II (Clave: 1209) en el semestre 2024-1. El orden fue determinado

utilizando el método Rasch para obtener el mapa Wright donde se jerarquizan tanto las preguntas como los estudiantes de acuerdo con su nivel de dificultad o habilidad respectivamente. También se incluyen las palabras clave de cada pregunta para su posterior discusión.

Tabla 31. Mapa Wright de la primera mitad del grupo 2 de Física II.



Ítem Conceptos clave

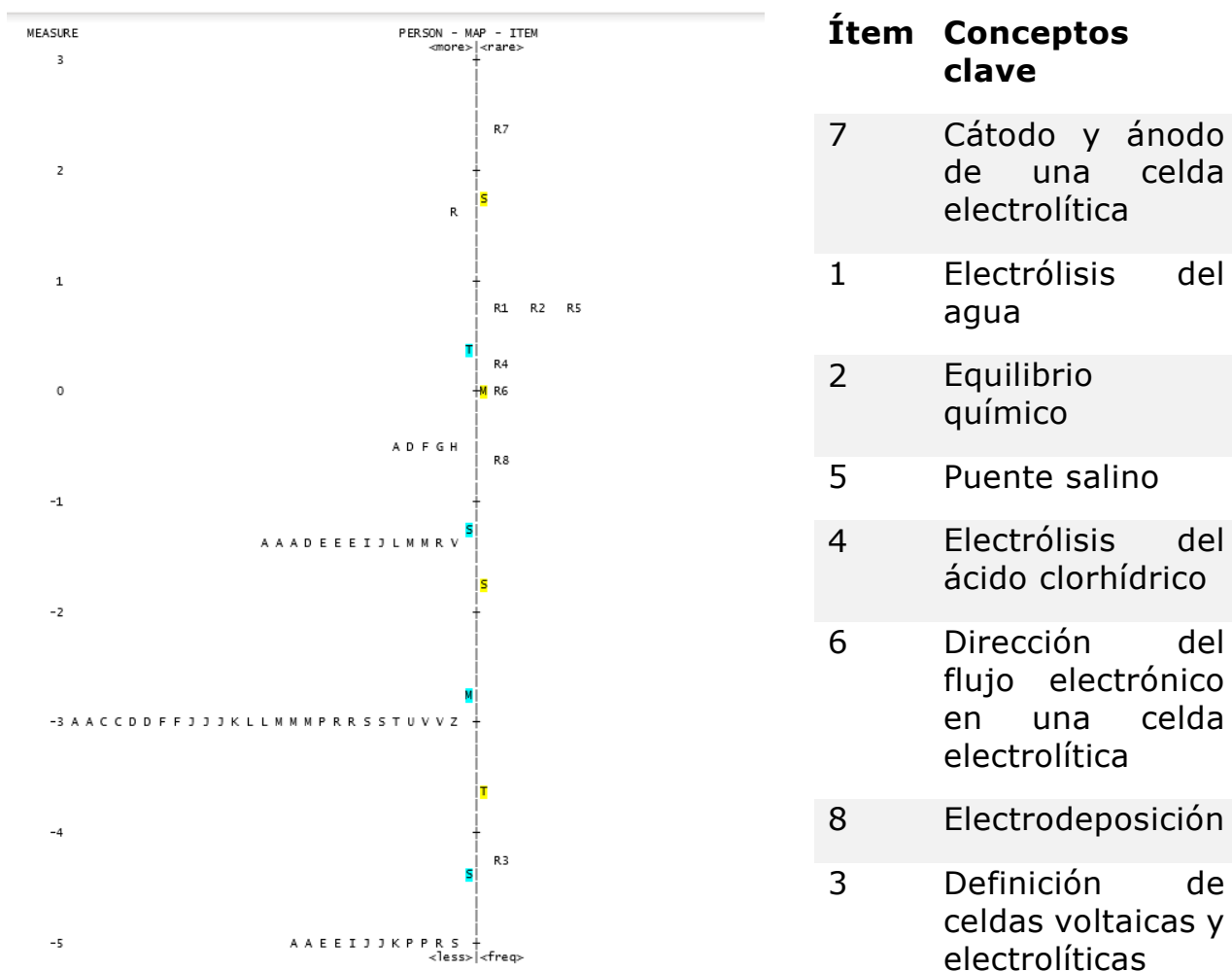
1	Electrólisis del agua
6	Dirección del flujo electrónico en una celda electrolítica
7	Cátodo y ánodo de una celda electrolítica
4	Electrólisis del ácido clorhídrico
5	Puente salino
2	Equilibrio químico
8	Electrodeposición
3	Definición de celdas voltaicas y electrolíticas

El mapa Wright puede ser visualizado en un mayor tamaño en el Anexo 2. Las letras M resaltadas son el promedio de la medida (ya sea de la habilidad de los estudiantes, resaltado en turquesa, o de la dificultad de los ítems, resaltado en amarillo), las letras S resaltadas indican la desviación estándar y las letras T resaltadas señalan dos veces la desviación estándar.

Segunda Parte

En la tabla 32 se encuentran ordenadas, de mayor dificultad a mayor facilidad, las preguntas aplicadas a 59 de los estudiantes Física II (Clave: 1209) en el semestre 2024-1. El orden fue determinado utilizando el método Rasch para obtener el mapa Wright donde se jerarquizan tanto las preguntas como los estudiantes de acuerdo con su nivel de dificultad o habilidad respectivamente. También se incluyen las palabras clave de cada pregunta para su posterior discusión.

Tabla 32. Mapa Wright de la segunda mitad del grupo 2 de Física II.



El mapa Wright puede ser visualizado en un mayor tamaño en el Anexo 2. Las letras M resaltadas son el promedio de la medida (ya sea de la habilidad de los estudiantes, resaltado en turquesa, o de la dificultad

de los ítems, resaltado en amarillo), las letras S resaltadas indican la desviación estándar y las letras T resaltadas señalan dos veces la desviación estándar.

En general, esta muestra estudiantil observada presentó dificultades para:

- Argumentar, con sus propias palabras y de manera coherente, por qué eligieron una respuesta determinada. Esto se presentó principalmente en las siguientes maneras:
 - Redacción confusa
 - Utilización de conceptos no relacionados para responder, por ejemplo: “El valor de la constante de equilibrio aumentará su valor porque tiene otro número de oxidación”
 - Respuestas cortas con nulo valor argumentativo, por ejemplo: “porque suena bien”, “por las cargas” o “intuición”.
- Conocer y dominar los conceptos relacionados con celdas electroquímicas (como puente salino, cátodo y ánodo, dirección del flujo electrónico en una celda electrolítica) y reacciones redox (estados de oxidación, oxidación, reducción).
- Comprender y explicar el equilibrio químico, el significado de la constante de equilibrio y los factores que modifican su valor
- Poder aplicar conceptos relacionados a celdas electroquímicas más allá de sólo recordar dichos conceptos. Esto se observó principalmente en dos aspectos:
 - La pregunta #3 trata sobre los conceptos de celdas electrolíticas y galvánicas, sin pedir algún tipo de

justificación de la respuesta. Esta pregunta fue denotada como la "más sencilla" de responder en el mapa Wright

- Las preguntas que piden aplicar estos conceptos para explicar una situación más compleja (electrólisis del agua y del HCl, puente salino, definición de cátodo y ánodo, dirección del flujo electrónico en una celda electrolítica) fueron denotadas como de "mayor dificultad"

Adicionalmente, el mapa Wright brinda información sobre la habilidad de los estudiantes para responder el cuestionario. De los 116 estudiantes que respondieron el cuestionario hasta el 11 de octubre del 2023, se observó que el número de aciertos máximos obtenidos es de 6 (de un total de 8) y el mínimo es 0.

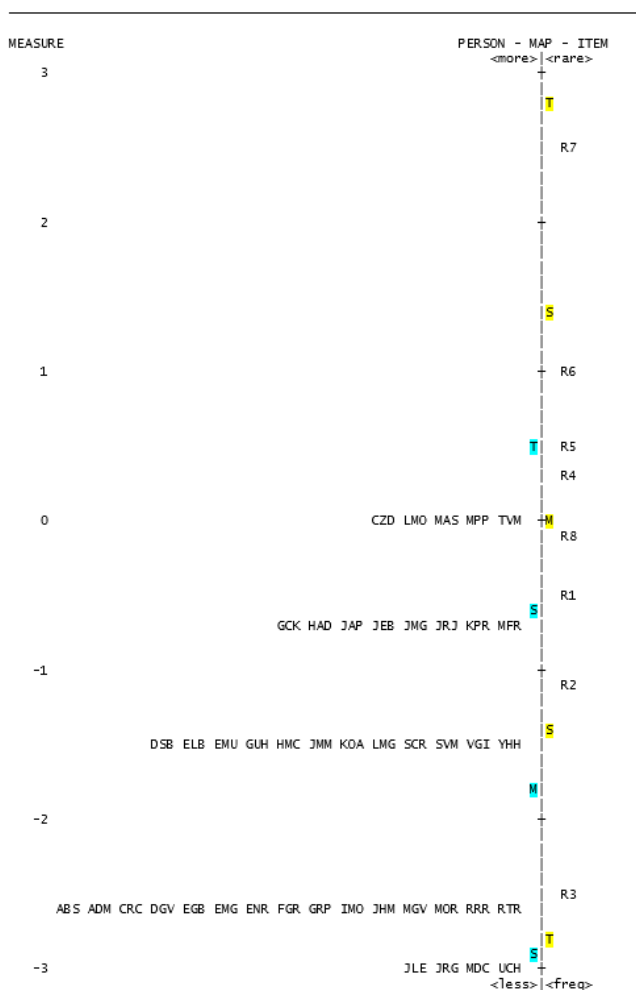
CUARTO SEMESTRE

Química Analítica I

(Grupo 5 - Teoría, Grupo 2 - Laboratorio):

En la siguiente tabla se encuentran ordenadas, de mayor dificultad a mayor facilidad, las preguntas aplicadas a 39 de los estudiantes del grupo 5 (Teoría) y 5 de los estudiantes del grupo 2 (Laboratorio) que cursan Química Analítica I (Clave: 1402) en el semestre 2024-1. Ambos grupos fueron analizados a la par para que los resultados obtenidos en el grupo 2 pudieran tener sentido estadístico, ya que no se puede realizar el análisis con sólo cinco datos. El orden de dificultad de las preguntas fue determinado utilizando el método Rasch para obtener el mapa Wright donde se jerarquizan tanto las preguntas como los estudiantes de acuerdo con su nivel de dificultad o habilidad respectivamente. También se incluyen las palabras clave de cada pregunta para su posterior discusión.

Tabla 33. Mapa Wright de los grupos 5 (Teoría) y 2 (Laboratorio) de Química Analítica I.



Ítem Conceptos clave

7	Cátodo y ánodo de una celda electrolítica
6	Dirección del flujo electrónico en una celda electrolítica
5	Puente salino
4	Electrólisis del ácido clorhídrico
8	Electrodeposición
1	Electrólisis del agua
2	Equilibrio químico
3	Definición de celdas voltaicas y electrolíticas

El mapa Wright puede ser visualizado en un mayor tamaño en el Anexo 2. Las letras M resaltadas son el promedio de la medida (ya sea de la habilidad de los estudiantes, resaltado en turquesa, o de la dificultad de los ítems, resaltado en amarillo), las letras S resaltadas indican la desviación estándar y las letras T resaltadas señalan dos veces la desviación estándar.

En general, esta muestra estudiantil observada presentó dificultades para:

- Argumentar, con sus propias palabras y de manera coherente, por qué eligieron una respuesta determinada. Esto se presentó principalmente en las siguientes maneras:
 - Redacción confusa, utilizando incorrectamente lenguaje técnico para justificar su razonamiento
 - Utilización de respuestas cortas con nulo valor argumentativo, como, por ejemplo: "así lo recuerdo", "batería de auto" o "a".
- Conocer los conceptos de cátodo y ánodo, argumentando que los cátodos siempre son positivos y los ánodos siempre son negativos porque "me guíe por la misma lógica de los aniones y los cationes"
- Recordar, comprender y aplicar los conceptos relacionados con celdas electroquímicas, como: la definición de cátodo y ánodo, la dirección del flujo electrónico en una celda electrolítica, la función del puente salino, la electrólisis del HCl y del agua y la electrodeposición de un metal.
- Comprender y explicar el equilibrio químico, el principio de Le Châtelier, el significado de la constante de equilibrio y los factores que modifican su valor.
- Poder aplicar conceptos relacionados a celdas electroquímicas más allá de sólo recordar dichos conceptos. Esto se observó principalmente ya que la pregunta #3 trata sobre los conceptos de celdas electrolíticas y galvánicas, sin pedir algún tipo de justificación de la respuesta. Esta pregunta fue denotada como la "más sencilla" de responder en el mapa Wright.

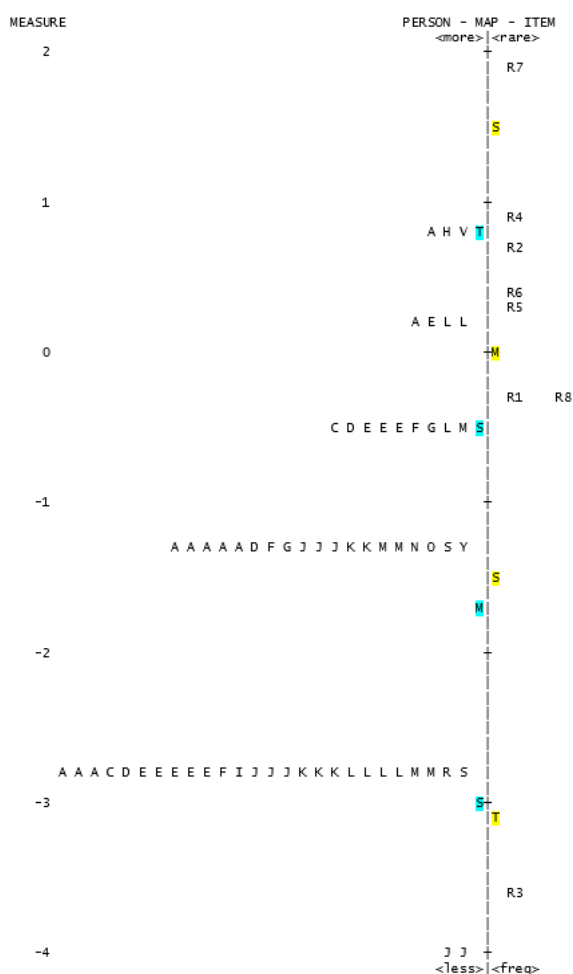
CUARTO/QUINTO SEMESTRE

Electroquímica

(Grupo 2):

En la tabla 34 se encuentran ordenadas, de mayor dificultad a mayor facilidad, las preguntas aplicadas a los estudiantes del grupo 2 que cursan Fisicoquímica de Iónica y Electrónica (Clave: 1401) y Electroquímica (Clave: 1540) en el semestre 2024-1. El orden fue determinado utilizando el método Rasch para obtener el mapa Wright donde se jerarquizan tanto las preguntas como los estudiantes de acuerdo con su nivel de dificultad o habilidad respectivamente. También se incluyen las palabras clave de cada pregunta para su posterior discusión.

Tabla 34. Mapa Wright del grupo 2 de Electroquímica y Fisicoquímica de Iónica y Electrónica.



Ítem Conceptos clave

7	Cátodo y ánodo de una celda electrolítica
4	Electrólisis del ácido clorhídrico
2	Equilibrio químico
6	Dirección del flujo electrónico en una celda electrolítica
5	Puente salino
1	Electrólisis del agua
8	Electrodeposición
3	Definición de celdas voltaicas y electrolíticas

El mapa Wright puede ser visualizado en un mayor tamaño en el Anexo 2. Las letras M resaltadas son el promedio de la medida (ya sea de la habilidad de los estudiantes, resaltado en turquesa, o de la dificultad de los ítems, resaltado en amarillo), las letras S resaltadas indican la desviación estándar y las letras T resaltadas señalan dos veces la desviación estándar.

En general, esta muestra estudiantil observada presentó dificultades para:

- Argumentar, con sus propias palabras y de manera coherente, por qué eligieron una respuesta determinada. Esto se presentó principalmente de tres formas:
 - Uso excesivo de lenguaje técnico que no fundamenta bien la respuesta
 - Redacción confusa, utilizando palabras o frases contradictorias o incoherentes en el contexto de la respuesta
 - Utilización de respuestas cortas con nulo valor argumentativo, como por ejemplo: "porque así lo vi en una clase", "por Le Châtelier" o "por la reacción"
- Superar el nivel "recordar" de la taxonomía de Bloom (1956) al responder. Esto se observó principalmente en dos formas:
 - Algunas respuestas utilizan lenguaje técnico y simulan la forma en la que se escribe en los libros de texto
 - La pregunta en la que sólo se pide elegir la opción que describa los conceptos de celda galvánica y electrolítica (Pregunta #3) presentó la mayor facilidad
- Comprender conceptos relacionados con las celdas electroquímicas, en específico:
 - Reconocer el funcionamiento básico de la celda, de sus componentes básicos como los electrodos y el puente salino, así como la descripción del flujo electrónico dentro de la misma
 - Identificar y describir los procesos químicos que suceden en las celdas electrolíticas, ya sea en una representación simbólica (Pregunta #4) o corpuscular (Pregunta #1)

- Explicar los conceptos relacionados con la electroquímica, como:
 - Reacciones redox
 - Equilibrio químico

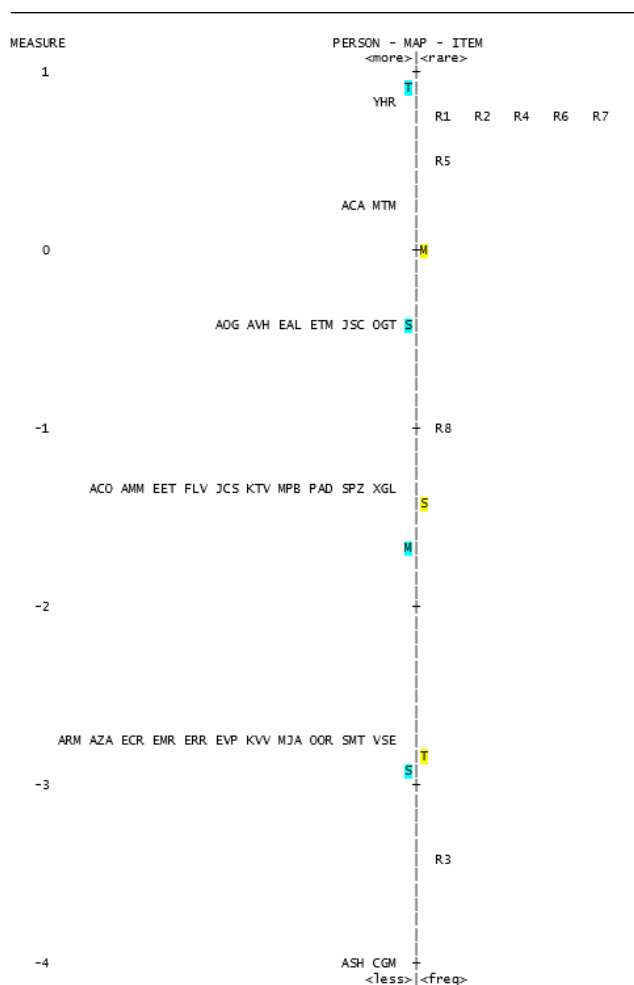
Adicionalmente, el mapa Wright brinda información sobre la habilidad de los estudiantes para responder el cuestionario. De los 63 estudiantes que respondieron el cuestionario hasta el 16 de agosto del 2023, se observó que el número de aciertos máximos obtenidos es de 5 (de un total de 8) y el mínimo es 0.

Electroquímica

(Grupo 5):

En la tabla 35 se encuentran ordenadas, de mayor dificultad a mayor facilidad, las preguntas aplicadas a 33 de los estudiantes del grupo 5 que cursan Fisicoquímica de Iónica y Electrónica (Clave: 1401) o Electroquímica (Clave: 1540) en el semestre 2024-1. El orden fue determinado utilizando el método Rasch para obtener el mapa Wright donde se jerarquizan tanto las preguntas como los estudiantes de acuerdo a su nivel de dificultad o habilidad respectivamente. También se incluyen las palabras clave de cada pregunta para su posterior discusión.

Tabla 35. Mapa Wright del grupo 5 de Electroquímica y Fisicoquímica de Iónica y Electrónica.



Ítem Conceptos clave

- | | |
|---|--|
| 1 | Electrólisis del agua |
| 2 | Equilibrio químico |
| 4 | Electrólisis del ácido clorhídrico |
| 6 | Dirección del flujo electrónico en una celda electrolítica |
| 7 | Cátodo y ánodo de una celda electrolítica |
| 5 | Puente salino |
| 8 | Electrodeposición |
| 3 | Definición de celdas voltaicas y electrolíticas |

El mapa Wright puede ser visualizado en un mayor tamaño en el Anexo 2. Las letras M resaltadas son el promedio de la medida (ya sea de la habilidad de los estudiantes, resaltado en turquesa, o de la dificultad de los ítems, resaltado en amarillo), las letras S resaltadas indican la desviación estándar y las letras T resaltadas señalan dos veces la desviación estándar.

En general, esta muestra estudiantil observada presentó dificultades para:

- Argumentar, con sus propias palabras y de manera coherente, por qué eligieron una respuesta determinada. Esto se presentó principalmente en las siguientes maneras:
 - Redacción confusa, utilizando incorrectamente lenguaje técnico para justificar su razonamiento
 - Utilización de respuestas cortas con nulo valor argumentativo, como, por ejemplo: “porque me acuerdo que es así”, “por Le Châtelier” o “me suena que es así”.
- Reconocer el proceso de electrólisis, tanto del agua como del ácido clorhídrico, argumentando que “el agua sólo se disocia” o “las reacciones redox siempre producen iones porque cambia el estado de oxidación”
- Comprender y explicar el equilibrio químico, el principio de Le Châtelier, el significado de la constante de equilibrio y los factores que modifican su valor
- Poder aplicar conceptos relacionados a celdas electroquímicas más allá de sólo recordar dichos conceptos. Esto se observó principalmente en dos aspectos:
 - La pregunta #3 trata sobre los conceptos de celdas electrolíticas y galvánicas, sin pedir algún tipo de justificación de la respuesta. Esta pregunta fue denotada como la “más sencilla” de responder en el mapa Wright
 - Algunas respuestas utilizan lenguaje técnico, simulando cómo se describen ciertos conceptos en la bibliografía básica indicada para asignaturas previas; sin embargo, estos conceptos técnicos no son utilizados adecuadamente. Por ejemplo, justificando cómo reconocer que sucedió una

reacción redox, se obtuvo la respuesta: “Tabla de potenciales”.

- Comprender conceptos relacionados con las celdas electroquímicas, en específico:
 - Reconocer el funcionamiento básico de la celda, de sus componentes básicos como los electrodos y el puente salino, así como la descripción del flujo electrónico dentro de la misma
 - Identificar y describir los procesos químicos que suceden en las celdas electrolíticas, ya sea en una representación simbólica (Pregunta #4) o corpuscular (Pregunta #1)

Adicionalmente, el mapa Wright brinda información sobre la habilidad de los estudiantes para responder el cuestionario. De los 33 estudiantes que respondieron el cuestionario hasta el 27 de agosto del 2023, se observó que el número de aciertos máximos obtenidos es de 5 (de un total de 8) y el mínimo es 0.

El análisis, tanto comparativo como individual, de la aplicación del segundo prototipo del Cuestionario de Electroquímica muestra las siguientes tendencias generales:

- El estudiantado expresa una mayor seguridad al responder en semestres superiores, a pesar de que esto no necesariamente se correlaciona con una mayor frecuencia de respuestas correctas
- Las preguntas abiertas permiten observar que una de las principales dificultades que enfrenta el estudiantado, independientemente del semestre que esté cursando, es lograr argumentar sus respuestas con fundamentos químicamente congruentes. La principal diferencia que se observa entre los estudiantes de los primeros semestres y los de semestres

posteriores es el tipo de lenguaje que utilizan para argumentar, siendo mucho más básico el que emplean en los primeros semestres y más técnico en semestres superiores; sin embargo, esta adquisición de lenguaje propiamente químico no necesariamente se correlaciona con un entendimiento más profundo de los conceptos, pero es un paso necesario para lograr el robustecimiento de los modelos mentales de los estudiantes. Adicionalmente, cabe resaltar que se estudió hasta el quinto semestre, que es aproximadamente la mitad del tiempo esperado para cursar las licenciaturas que ofrece la Facultad de Química, por lo que se esperaría que, hacia octavo o noveno semestre, estos nuevos conceptos hayan podido ser incorporados en un modelo mental sobre química más robusto y consistente.

- Las preguntas meramente conceptuales (no de aplicación) resultaron ser las más fáciles de responder en todos los grupos, dando indicios de que la mayoría de los estudiantes se encuentra entre los niveles de "recordar" y "entender" de la taxonomía de Bloom, mientras que pocos logran alcanzar el nivel "aplicar". Esta observación se relaciona con el hecho de que se está evaluando a estudiantes cursando la primera mitad de su licenciatura, en la cual, como algunos comentaron, era la primera vez que escuchaban ciertos conceptos. Esa ubicación en la taxonomía de Bloom resulta lógica, siendo que el estudiantado se encuentra cursando en el tronco común asignaturas que establecen las bases conceptuales para profundizar y aprender a aplicar dichos conocimientos en semestres posteriores, como podría ser en la asignatura Química Analítica Instrumental (Módulo: Métodos Electrométricos de Análisis), la cual es una obligatoria solamente para la licenciatura en Química, es optativa para Química en Alimentos y Química Farmacéutico Biológica y no está indicada

para Ingeniería Química, Ingeniería Química Metalúrgica ni
Química e Ingeniería en Materiales.

CONCLUSIONES

Las concepciones alternativas observadas en la población estudiada, en orden de prevalencia son:

1. Sobre la definición de cátodo y ánodo
 - 1.1. Considerar que el cátodo siempre es positivo y el ánodo negativo, argumentando que es por las raíces de las palabras, siendo "cat-" de "catión" y "cátodo (ambos positivos) y "an-" de "anión" y "ánodo" (ambos negativos)
 - 1.2. Responder que el cátodo siempre es negativo y el ánodo es positivo, argumentando que son "lo opuesto"
 - 1.3. Establecer la polaridad de cada electrodo dependiendo de cómo se ha dibujado la celda
2. Sobre la electrólisis de un ácido fuerte diluido
 - 2.1. Describir que la electrólisis y la disociación son el mismo proceso químico
 - 2.2. La electrólisis de un ácido fuerte resulta en sus productos de disociación
 - 2.3. La reducción (del hidrógeno) ocurre en el polo positivo de una celda electrolítica
3. Sobre el flujo electrónico en una celda electrolítica
 - 3.1. Los electrones pueden fluir libremente en una disolución que contenga iones
 - 3.2. El flujo de electrones en una celda electrolítica se da desde el electrodo positivo hacia el electrodo negativo
4. Sobre la electrólisis del agua y la representación corpuscular de una reacción redox
 - 4.1. La electrólisis y la disociación del agua son el mismo proceso químico
 - 4.2. Los productos de las reacciones de óxido-reducción son iones

5. Sobre equilibrio químico

- 5.1. La concentración de especies sólidas debe considerarse en el cálculo de la constante de equilibrio
- 5.2. De acuerdo con el principio de Le Châtelier, el equilibrio químico se desplaza en el sentido necesario para contrarrestar la remoción de alguno de los compuestos involucrados en el equilibrio; esto modifica el valor de la constante de equilibrio
- 5.3. La constante de equilibrio no se modifica si no cambia la estequiometría de la reacción
- 5.4. La constante de equilibrio no se modifica si no existen cambios en los estados de oxidación de los átomos que reaccionan
- 5.5. No puede predecirse cuál será el cambio en el valor de la constante de equilibrio ya que se desconocen las concentraciones de las especies antes y después de la remoción de una porción del reactivo

6. Sobre el puente salino

- 6.1. La función del puente salino es permitir el paso de electrones, por lo que un alambre metálico puede sustituir al puente salino en una celda galvánica

7. Sobre la electrodeposición de un metal

- 7.1. Se propone colocar el metal a electrodepositar en ambos electrodos

8. Sobre el concepto de celda electrolítica y galvánica

- 8.1. La reacción en una celda voltaica requiere corriente eléctrica mientras que en una celda electrolítica no

Estas concepciones alternativas fueron registradas en todos los grupos estudiados, aunque en los primeros semestres, la seguridad al responder tendía a ser menor. En todos los casos, se aplicó el cuestionario antes de que se abordaran los temas preguntados en el

curso de la asignatura particular, por lo que se considera que estas concepciones alternativas son previas a la instrucción formal.

Recomendaciones.

En este trabajo, se analizaron algunos grupos correspondientes a asignaturas de la primera mitad de las licenciaturas que se imparten en la Facultad de Química de la UNAM, por lo que se detecta una oportunidad de investigación sobre lo que sucede con el estudiantado que se encuentra cursando la otra mitad (a partir de sexto semestre) para poder profundizar el entendimiento de cómo progresa el aprendizaje sobre celdas electroquímicas a través del avance curricular en las licenciaturas de la Facultad de Química.

REFERENCIAS

- Boone, W. J., Staver, J. R., & Yale, M. S. (2014). *Rasch Analysis in the Human Sciences*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-6857-4>
- Brandriet, A. R. (2014). *Investigating Students' Understandings of the Symbolic, Macroscopic, and Particulate Domains of Oxidation-Reduction and the Development of the Redox Concept Inventory* [Tesis Doctoral]. Universidad de Miami.
- Brandriet, A. R., & Bretz, S. L. (2014). The Development of the Redox Concept Inventory as a Measure of Students' Symbolic and Particulate Redox Understandings and Confidence. *Journal of Chemical Education*, *91*(8), 1132–1144. <https://doi.org/10.1021/ed500051n>
- Chang, R., Goldsby, K. A., & Hernández Hernández, P. M. (2017). *Química* (12a. Ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Cooper, M. M., & Stowe, R. L. (2018). Chemistry Education Research—From Personal Empiricism to Evidence, Theory, and Informed Practice. *Chemical Reviews*, *118*(12), 6053–6087. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.8b00020>
- Gold, V. (Ed.). (2019). *The IUPAC Compendium of Chemical Terminology: The Gold Book* (4a ed.). International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). <https://doi.org/10.1351/goldbook>
- Julien, C., Mauger, A., Vijn, A. K., & Zaghbi, K. (2016). *Lithium Batteries: Science and Technology* (1st ed. 2016). Springer International Publishing: Imprint: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-19108-9>

Karslı, F., & Çalik, M. (2012). Can Freshman Science Student Teachers' Alternative Conceptions of "Electrochemical Cells" Be Fully Diminished? *Asian Journal of Chemistry*, 24, 485–491.

Khairunnisa, K., & Prodjosantoso, Ak. (2020). Analysis of Students Misconception in Chemical Equilibrium Material Using Three Tier Test. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 5(1), 71–79. <https://doi.org/10.15575/jtk.v5i1.7661>

Kılıç, D., & Sağlam, N. (2009). Development of a two-tier diagnostic test concerning genetics concepts: The study of validity and reliability. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 2685–2686. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.474>

Linacre, M. (2012). *Winsteps Tutorial 1*. <https://www.winsteps.com/a/winsteps-tutorial-1.pdf>

Lu, H., Jiang, Y., & Bi, H. (2020). Development of a measurement instrument to assess students' proficiency levels regarding galvanic cells. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(2), 655–667. <https://doi.org/10.1039/C9RP00230H>

Osman, K., & Lee, T. T. (2013). Conceptual Understanding in Secondary School Chemistry: A Discussion of the Difficulties Experienced By Students. *American Journal of Applied Sciences*, 10(5), 433–441. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2013.433.441>

Özkaya, A. R., Üce, M., & Şahin, M. (2003). Prospective teachers' conceptual understanding of electrochemistry: Galvanic and electrolytic cells. *U. Chem. Ed.*, 7(1), 1–12.

Özmen, H. (2008). Determination of students' alternative conceptions about chemical equilibrium: A review of research and the case of Turkey. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 9(3), 225–233. <https://doi.org/10.1039/B812411F>

Paradowski, R. J., M. S., Ph. D. (2022). Electrochemistry. *Salem Press Encyclopedia of Science*. Salem Press.

Petrovic, S. (2021). Basic Electrochemistry Concepts. En S. Petrovic, *Electrochemistry Crash Course for Engineers* (pp. 3–10). *Springer International Publishing*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61562-8_2

Quílez, J. (2021). Le Châtelier's Principle a Language, Methodological and Ontological Obstacle: An Analysis of General Chemistry Textbooks. *Science & Education*, *30(5)*, 1253–1288. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00214-1>

Rahayu, S., Treagust, D. F., & Chandrasegaran, A. L. (2022). High School and Preservice Chemistry Teacher Education Students' Understanding of Voltaic and Electrolytic Cell Concepts: Evidence of Consistent Learning Difficulties Across Years. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *20(8)*, 1859–1882. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10226-6>

Rahayu, S., Treagust, D. F., Chandrasegaran, A. L., Kita, M., & Ibnu, S. (2011). Assessment of electrochemical concepts: A comparative study involving senior high-school students in Indonesia and Japan. *Research in Science & Technological Education*, *29(2)*, 169–188. <https://doi.org/10.1080/02635143.2010.536949>

Renneboog, R. M., MSc. (2022). Redox Reactions. *Salem Press Encyclopedia of Science*. Salem Press; Research Starters.

Sanmartín, B., Solaz-Portolés, J. J., & Sanjosé, V. (2014). Una aproximación a las concepciones de estudiantes preuniversitarios y universitarios sobre pilas galvánicas. *Educación Química*, *25(2)*, 139–147.

Schmidt, H.-J., Marohn, A., & Harrison, A. G. (2007). Factors that prevent learning in electrochemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 258–283. <https://doi.org/10.1002/tea.20118>

Scholz, F., & Kahlert, H. (2019). *Chemical Equilibria in Analytical Chemistry: The Theory of Acid–Base, Complex, Precipitation and Redox Equilibria*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-17180-3>

Suits, J. P. (2015). Design of Dynamic Visualizations to Enhance Conceptual Understanding in Chemistry Courses. En J. García-Martínez & E. Serrano-Torregrosa (Eds.), *Chemistry Education* (1a ed., pp. 595–620). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9783527679300.ch24>

Wilson, M. (2009). Measuring progressions: Assessment structures underlying a learning progression. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 716–730. <https://doi.org/10.1002/tea.20318>

Wu, M.-Y. M., & Yeziarski, E. J. (2022). Pedagogical chemistry sensemaking: A novel conceptual framework to facilitate pedagogical sensemaking in model-based lesson planning. *Chemistry Education Research and Practice*, 23(2), 287–299. <https://doi.org/10.1039/D1RP00282A>

Yürük, N. (2007). The Effect of Supplementing Instruction with Conceptual Change Texts on Students' Conceptions of Electrochemical Cells. *Journal of Science Education and Technology*, 16(6), 515–523. <https://doi.org/10.1007/s10956-007-9076-0>

ANEXO I

PROTOTIPO 1 (SIN RESPONDER)

Cuestionario de Electroquímica (prototipo 1).

Por favor, lee cuidadosamente la información presentada y contesta con total sinceridad.

Este cuestionario es una herramienta de investigación que utilizará tus respuestas de forma anónima y confidencial.

Tus profesores no sabrán cómo respondiste ninguna de las preguntas ni tu puntuación, ya que no se evaluará numéricamente esta prueba. Tu participación no afectará de ninguna manera tu evaluación.

El objetivo de este cuestionario es recabar información sobre el dominio de ciertos temas relacionados con la materia de Electroquímica o Fisicoquímica de Iónica y Electrónica, que se imparte en la Facultad de Química, para poder ayudar a nuevas generaciones de estudiantes a tener un mejor dominio de los conceptos electroquímicos.

Doy mi consentimiento para participar en la investigación, sabiendo que mi información personal será privada y confidencial:

- Sí
- No

¿En qué licenciatura estás inscrito?

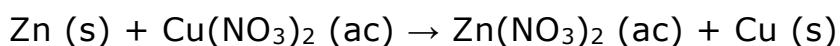
- Química
- Ingeniería Química

¿Podría contactarte vía correo electrónico en caso de querer hacerte una pequeña entrevista sobre tus respuestas?

- Sí
- No

Pregunta 1:

Indica si la siguiente ecuación corresponde a una reacción de óxido-reducción:

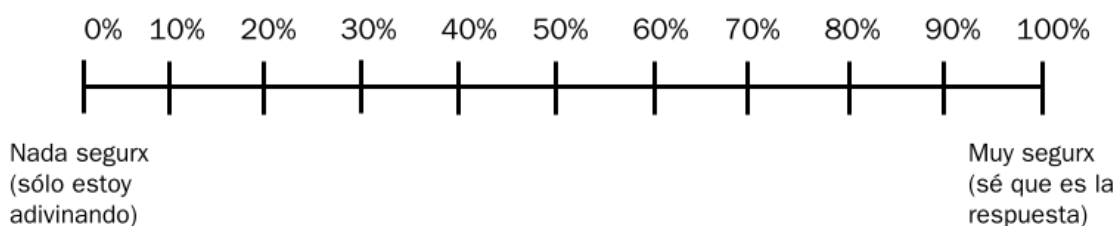


- Sí
- No

Porque:

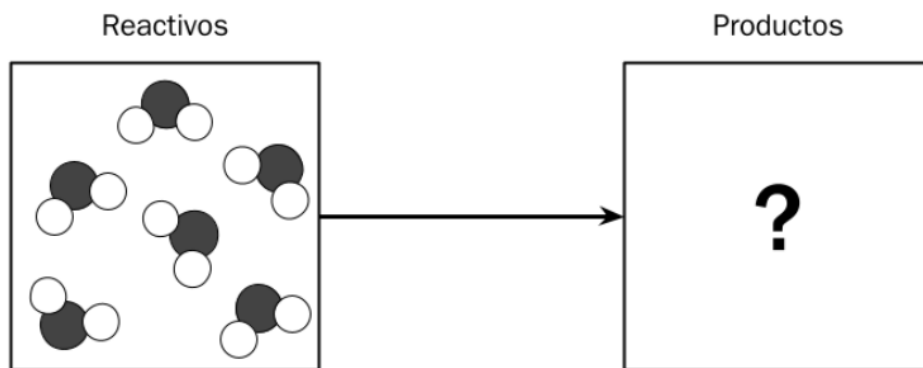
- Las cargas de Zn, Cu y NO₃ no cambian
- Los reactivos están en disolución o son sólidos metálicos
- El Zn y el Cu intercambian lugares
- La carga en Zn aumenta mientras que en Cu disminuye

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?

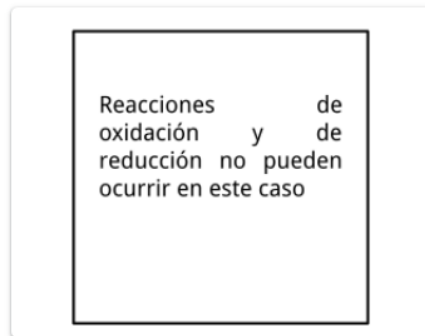
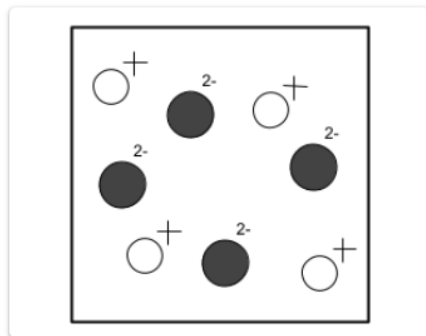
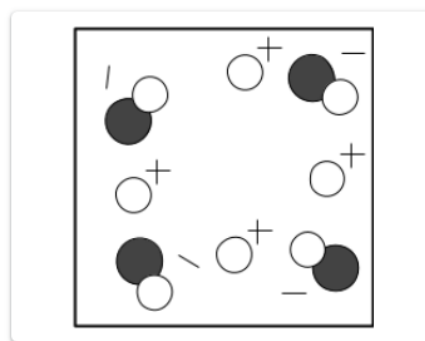
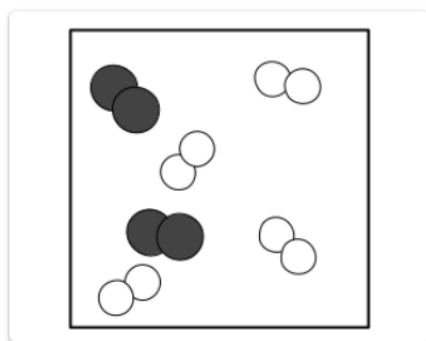


Pregunta 2:

¿Qué imagen representaría mejor a los productos resultantes si los reactivos experimentan una reacción de óxido-reducción?



Oxígeno
 Hidrógeno

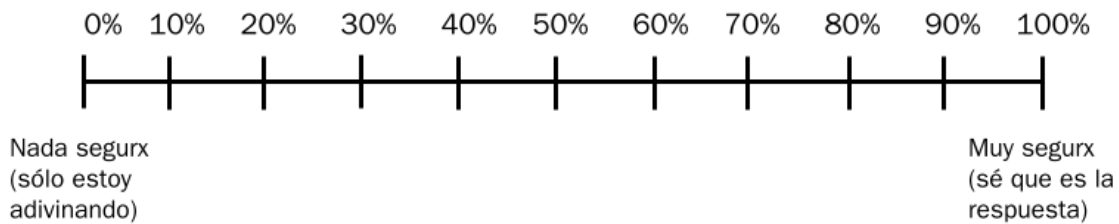


Porque:

- Reacciones de oxidación y reducción no pueden suceder si los reactivos no cambian

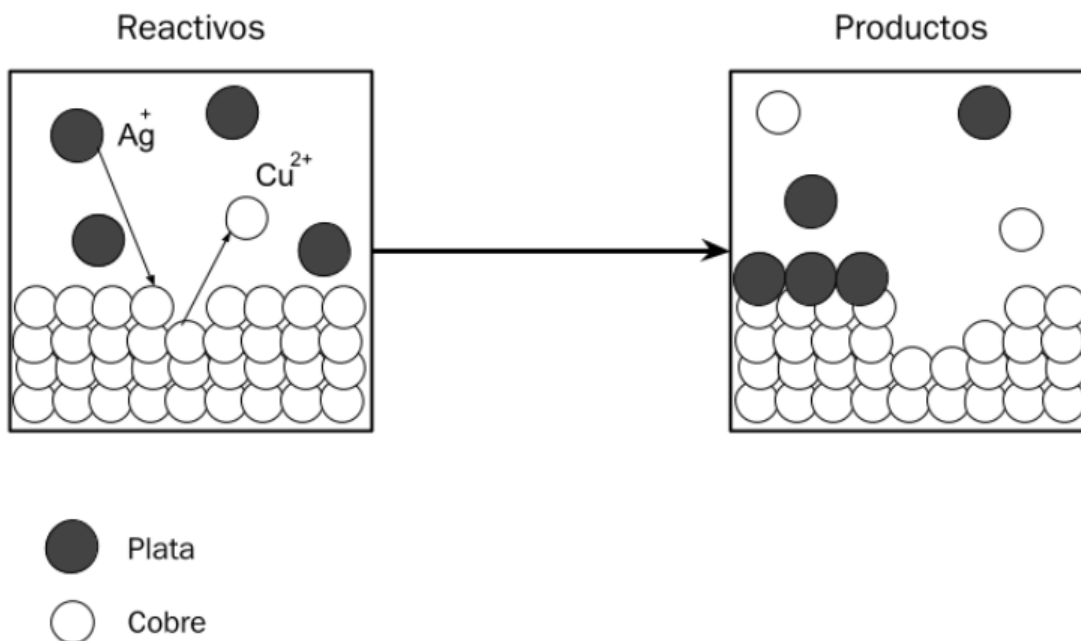
- Reacciones de oxidación y reducción no pueden ocurrir porque sólo hay un reactivo
- El número de oxidación cambia de 0 a -2 para el oxígeno y de 0 a +1 para el hidrógeno
- El número de oxidación cambia de -2 a 0 para el oxígeno y de +1 a 0 para el hidrógeno

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



Pregunta 3:

El diagrama que se muestra a continuación muestra una vista transversal de la reacción de oxidación-reducción de Cu (s) y AgNO₃ (ac). El nitrato no se muestra en las imágenes. ¿Cuál de las siguientes oraciones describe mejor a la plata en la reacción?



- Dos iones Ag^+ provocan que un ion Cu^{2+} salga del sólido hacia la disolución
- Dos iones Ag^+ reemplazan la carga que se pierde en el sólido cuando sale un ion Cu^{2+}
- Dos iones Ag^+ son atraídos hacia los electrones que deja el ion Cu^{2+} cuando sale del sólido
- Dos iones Ag^+ reciben electrones del sólido de Cu

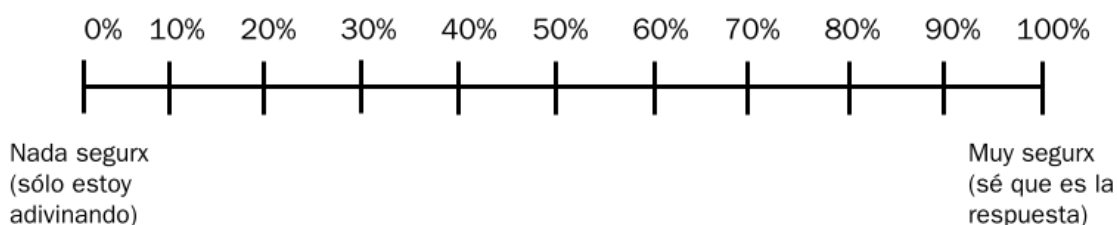
¿Cuál de las siguientes oraciones describe mejor al cobre?

- Cu^{2+} debe salir para crear espacio para que el Ag^+ se pueda depositar
- Cuando Cu se convierte en ion, sale del sólido
- Cu^{2+} tiene una mayor carga positiva que Ag^+ , por lo que es atraído a la disolución por el NO_3^-
- Cuando Cu^{2+} sale del sólido, dos electrones quedan en el sólido

¿Cuál de las siguientes oraciones describe mejor al nitrato?

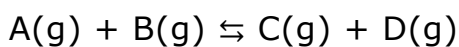
- NO_3^- recibe los electrones de un metal y los transfiere al otro
- La carga negativa de NO_3^- atrae al metal a la disolución
- NO_3^- no participa en la transferencia electrónica
- NO_3^- es irrelevante para la reacción porque se cancela en la ecuación iónica neta

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



Pregunta 4:

La siguiente reacción hipotética alcanza el equilibrio a 25°C . Una vez que se ha alcanzado el equilibrio, la concentración de C es aumentada al agregar un exceso del compuesto. Asumiendo que la temperatura se mantiene constante, ¿cuál de los siguientes enunciados describe lo que sucede con el valor numérico de la constante de equilibrio?



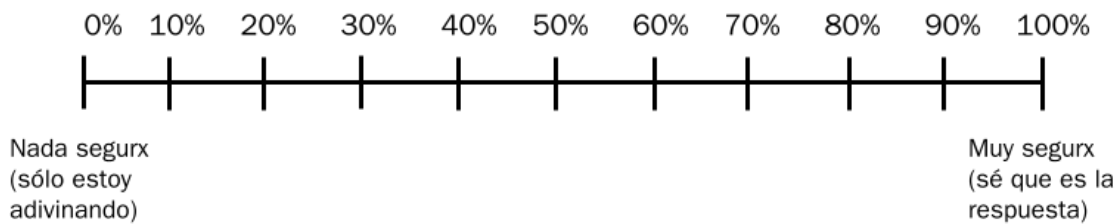
- Disminuye
- Aumenta
- Se mantiene igual

Porque:

- La velocidad de la reacción inversa aumenta y la velocidad de la reacción directa disminuye

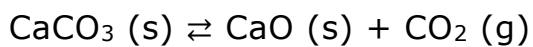
- La velocidad de la reacción inversa aumenta y la velocidad de la reacción directa se mantiene igual
- La razón entre las concentraciones de productos y de reactivos es constante a temperatura constante
- La concentración de los productos ha incrementado

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



Pregunta 5:

La piedra caliza se descompone para formar cal viva y dióxido de carbono como se expresa en la ecuación química presentada a continuación. ¿Qué se podría decir sobre algún cambio en el equilibrio químico tras remover algo de CaCO_3 de la mezcla de equilibrio?



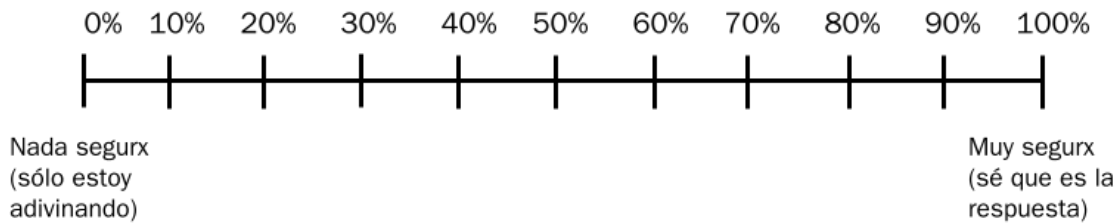
- Se desplazará hacia los reactivos
- No habrá un cambio en el equilibrio
- No puede predecirse

Porque:

- La cantidad de CaCO_3 aumenta en el sistema, lo que establece un nuevo equilibrio
- CaCO_3 es sólido, por lo que eliminarlo del medio no afectará el equilibrio

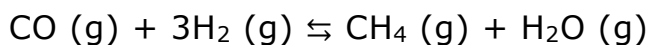
- CO_2 y CaO reaccionan para formar más CaCO_3 , como se establece en el principio de Le Châtelier
- La cantidad de CaCO_3 que se remueve del medio no es conocida

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



Pregunta 6:

El monóxido de carbono e hidrógeno reaccionan de acuerdo a la siguiente ecuación. Cuando 0.02 M de CO y 0.03 M de H_2 se introducen en un recipiente a 800 K y se permite que lleguen al equilibrio, ¿qué se podría decir sobre la velocidad de las reacciones directas e inversas cuando se alcanza ese equilibrio?



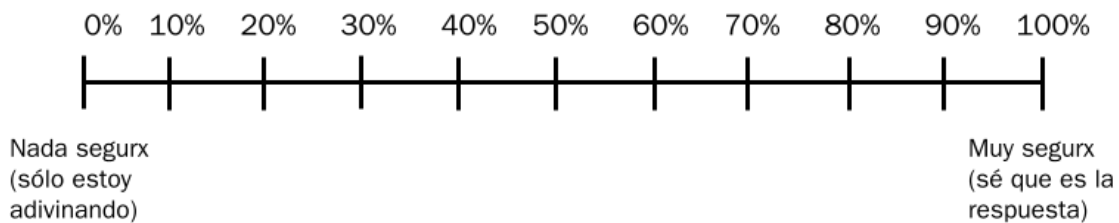
- Las velocidades son iguales
- La velocidad de la reacción directa es mayor que la de la reacción inversa
- La velocidad de la reacción inversa es mayor que la de la reacción directa

Porque:

- La reacción directa se completa antes que la reacción inversa comience
- Las velocidades de las reacciones directa e inversa son iguales cuando se alcanza el equilibrio

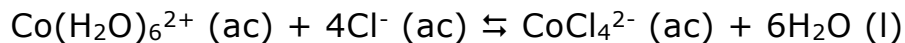
- Mientras pasa el tiempo, la concentración de los productos aumenta
- Al inicio, la concentración de los reactivos es mayor que la concentración de los productos

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



Pregunta 7:

Si se considera que la siguiente reacción reversible está en equilibrio en un tubo de ensayo que luce azul, ¿qué sucedería si se agrega agua al sistema?



Rosa

Azul

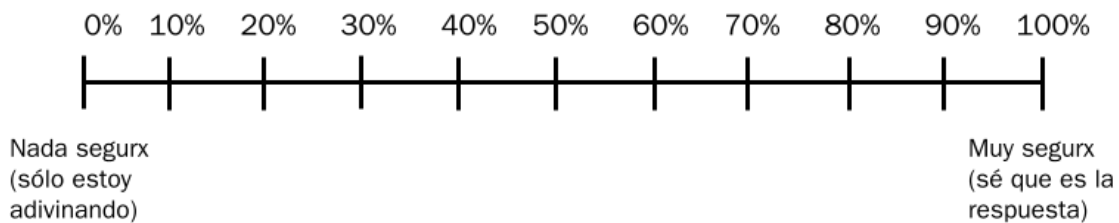
- La disolución se volverá rosa
- La disolución lucirá más azul
- El color de la disolución no cambiará

Porque:

- Para contrarrestar el aumento de agua presente en el sistema, se formará más $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+} (\text{ac})$
- Los líquidos no se incluyen en la expresión de la constante de equilibrio, por lo que la razón entre productos y reactivos no se modificará

- La reacción directa tiene una relación molar mayor que la reacción inversa
- La razón de la concentración de productos comparada con la de los reactivos disminuye y más $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ se producirá

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?

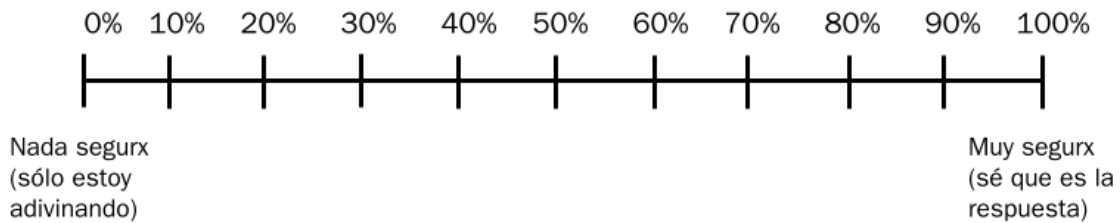


Pregunta 8:

¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre celdas voltaicas y celdas electrolíticas es verdadera?

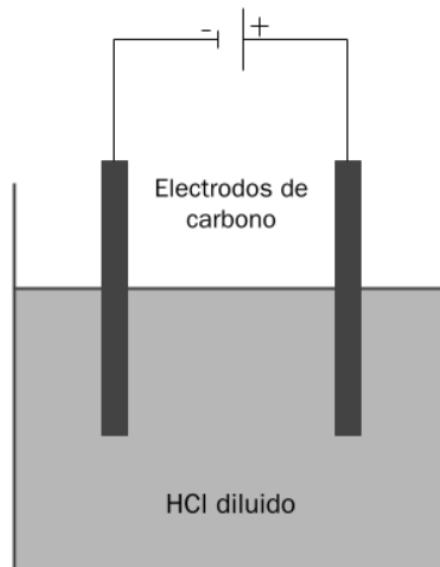
- La reacción de celda puede ocurrir de forma espontánea tanto en celdas voltaicas como electrolíticas
- En la celda voltaica, la energía química se transforma en energía eléctrica
- En la celda electrolítica, la energía eléctrica se transforma en energía química mientras que en la celda voltaica, la energía química se transforma en energía eléctrica
- La reacción de celda en una celda voltaica requiere corriente eléctrica mientras que la reacción en la celda electrolítica no requiere corriente eléctrica

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



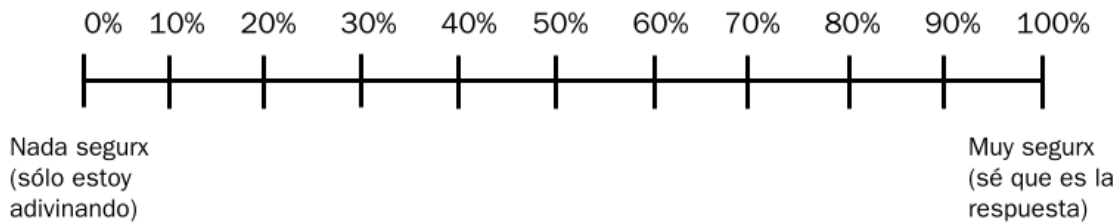
Pregunta 9:

En el siguiente diagrama, se muestra una celda electrolítica para la electrólisis de ácido clorhídrico diluido, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?



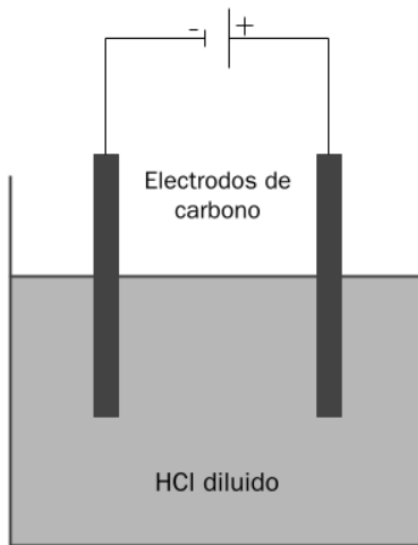
- HCl se descompone por electrólisis en iones H^+ y Cl^-
- H_2 se forma en el electrodo negativo, Cl_2 se forma en el electrodo positivo
- Todas las anteriores
- Ninguna de las anteriores

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



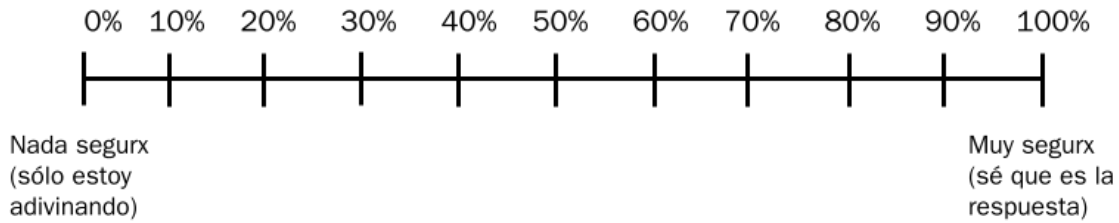
Pregunta 10:

Tomando en cuenta la misma celda, ¿cuál de las siguientes afirmaciones describe de forma correcta la formación de hidrógeno (H_2) en el polo negativo?



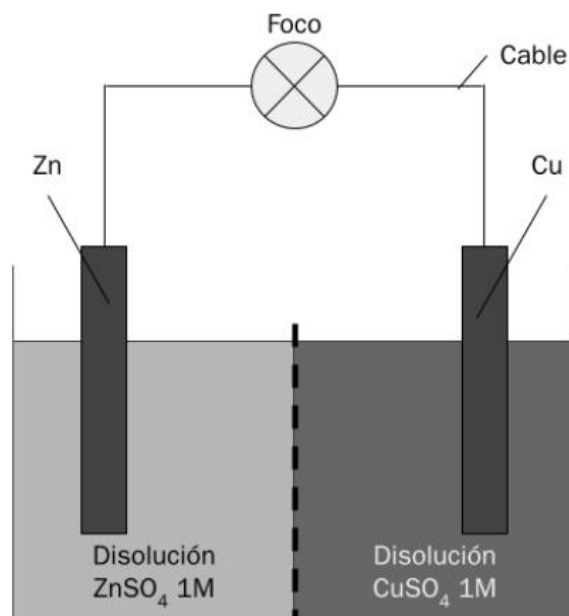
- El HCl diluido contiene iones H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ se combinan para formar H_2
- El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ se combinan para formar H_2
- El HCl diluido contiene iones H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ aceptan un electrón cada uno para formar H_2
- El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ aceptan un electrón cada uno para formar H_2

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?

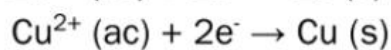


Pregunta 11:

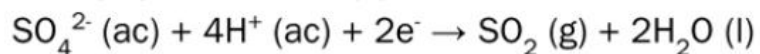
El diagrama mostrado a continuación muestra una celda voltaica. Muchos metales de transición son utilizados como electrodos en celdas electroquímicas. El Cu y el Zn en la celda voltaica del diagrama pueden ser consideradas como:



$$E^{\circ} = -0.76 \text{ V}$$



$$E^{\circ} = +0.34 \text{ V}$$

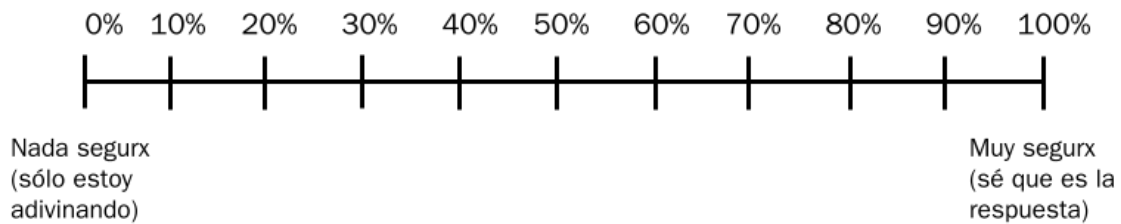


$$E^{\circ} = +0.20 \text{ V}$$

- Electrodox activos porque Zn y Cu son metales de transición con una tendencia a ser oxidados

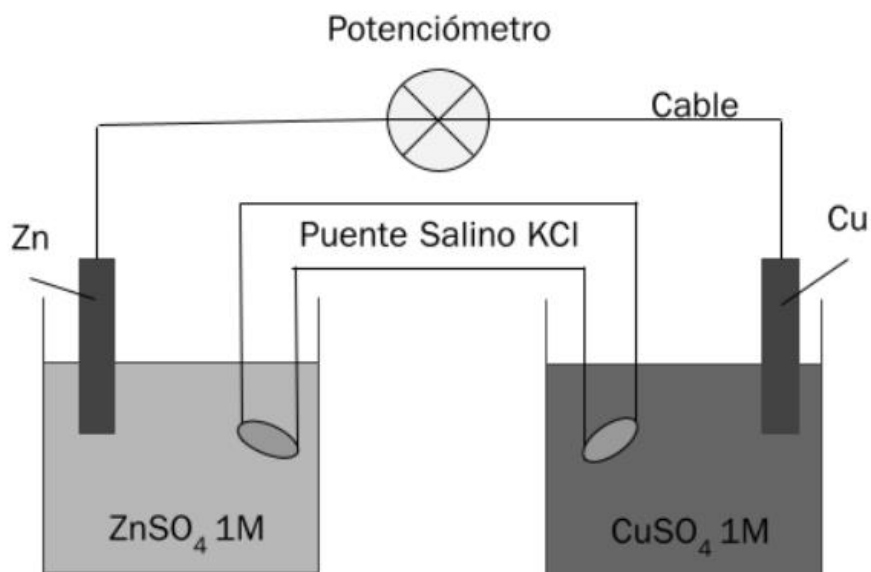
- Electrodox inertes porque ni Zn ni Cu cambian cuando la celda está en operación
- Electrodox activos porque Zn y Cu participan en la reacción redox que ocurre en la celda
- Electrodox inertes porque las masas de los electrodox disminuyen durante la reacción

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



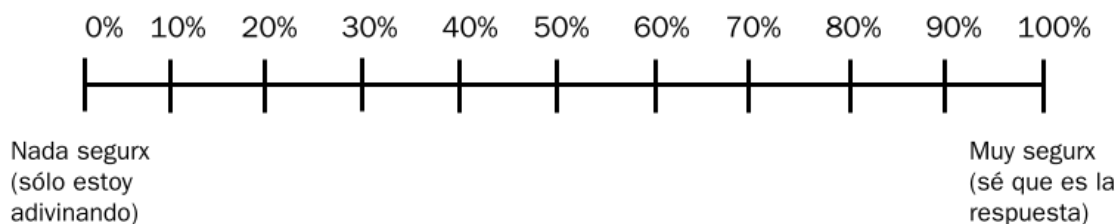
Pregunta 12:

El puente salino del diagrama siguiente conecta a los electrolitos de las semiceldas del cátodo y del ánodo. Si se reemplazara el puente salino con un alambre de Pt, que es un conductor eléctrico, ¿qué sucedería con la electricidad?



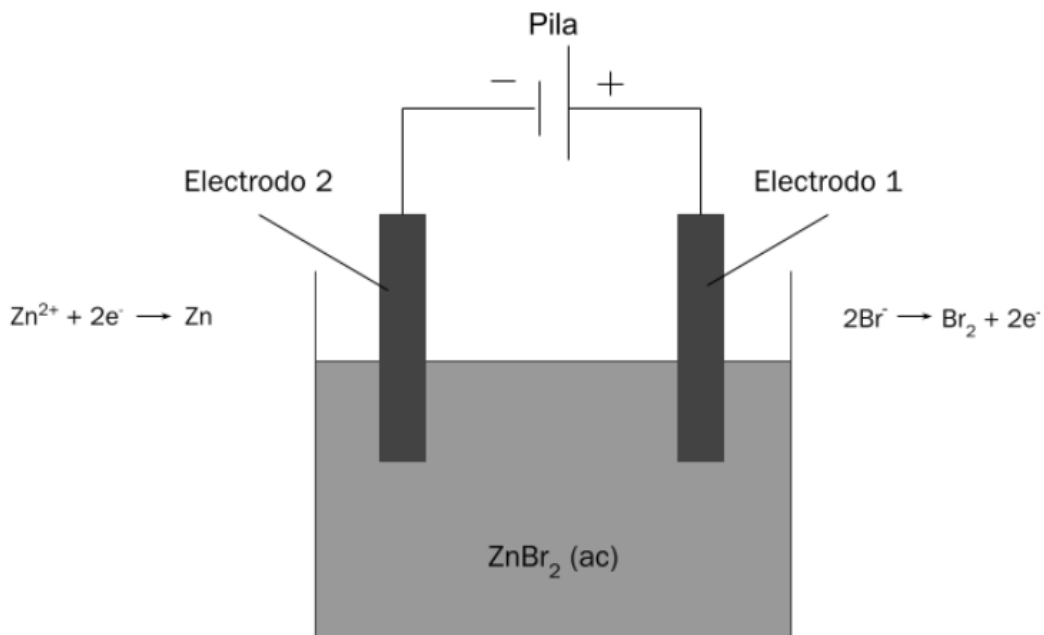
- Se producirá electricidad porque Pt es un conductor de iones y electrones
- Se produciría electricidad porque existe un flujo constante de electrones a través del alambre de Pt
- No se producirá electricidad porque ni iones ni electrones pueden fluir a través del alambre de Pt
- No se producirá electricidad porque sólo los iones pueden fluir a través del alambre de Pt

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



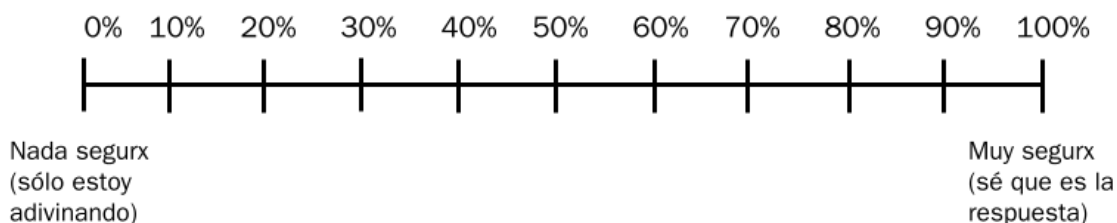
Pregunta 13:

¿Cuál de los electrodos mostrados en el diagrama es el cátodo?



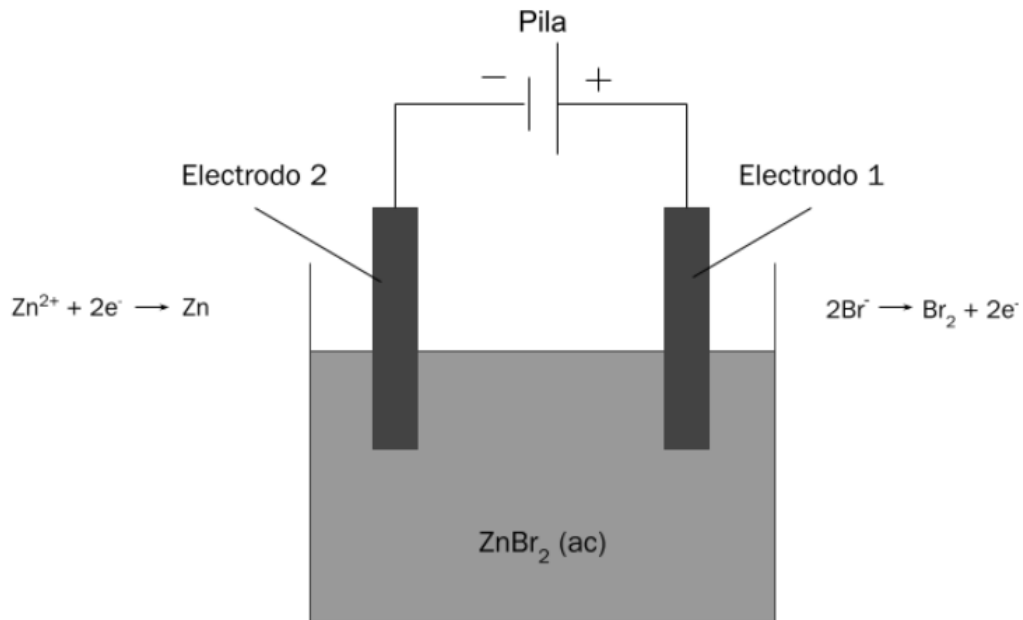
- El electrodo 1 porque recibe electrones del polo negativo de la pila, promoviendo que la reducción pueda ocurrir
- El electrodo 2 porque recibe electrones del polo negativo de la pila, promoviendo que la reducción pueda ocurrir
- El electrodo 1 porque recibe electrones del polo positivo de la pila, provocando que la oxidación pueda ocurrir
- El electrodo 2 porque recibe electrones del polo positivo de la pila, provocando que la oxidación pueda ocurrir

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



Pregunta 14:

¿Cuál es la dirección del flujo de electrones en el diagrama siguiente cuando la celda está operando?



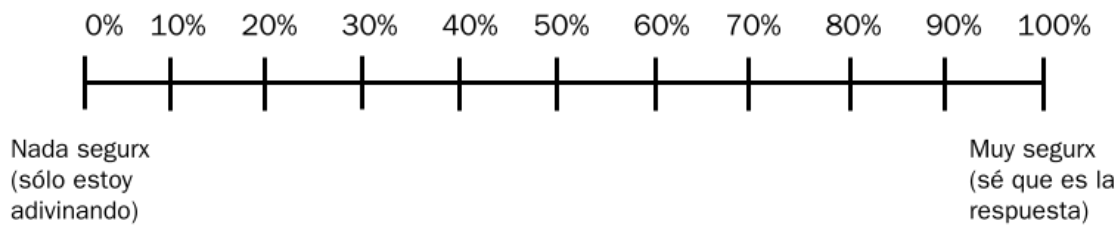
- Del electrodo 2 al electrodo 1 a través del cable
- Del electrodo 1 al electrodo 2 a través de la disolución de ZnBr_2
- Del electrodo 1 al electrodo 2 a través del cable
- Del electrodo 2 al electrodo 1 a través de la disolución de ZnBr_2

Porque:

- Los aniones en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones
- Los aniones en el electrolito migran al electrodo 1 y ceden electrones
- Los cationes en el electrolito migran al electrodo 1 y aceptan electrones

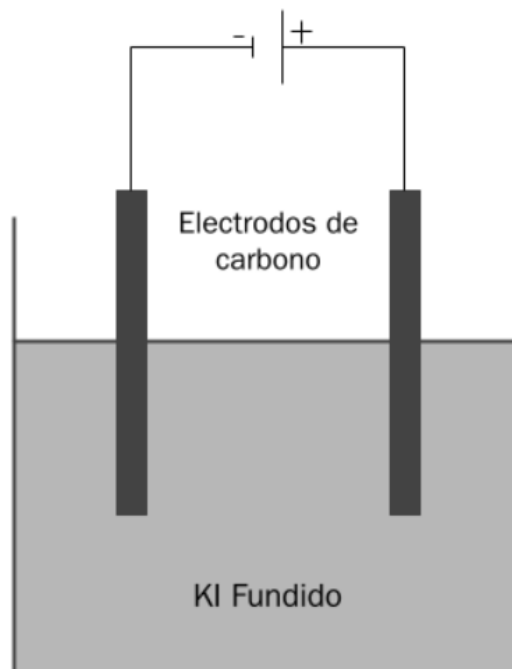
- Los cationes en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



Pregunta 15:

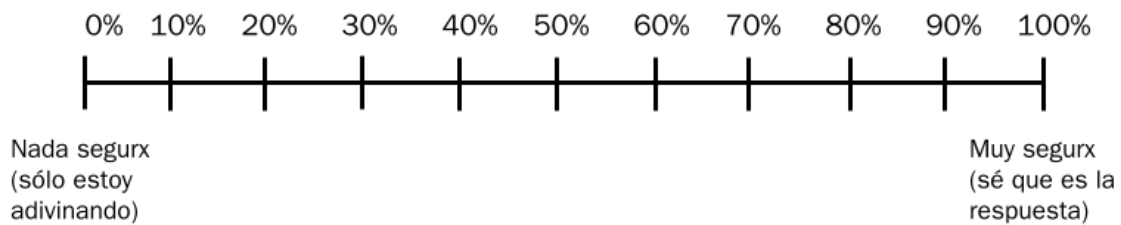
Considera la celda representada en el diagrama. ¿Cómo se sabe cuál de los dos electrodos es el cátodo y cuál es el ánodo?



- Determinando el electrodo en donde exista un producto depositado, ya que el elemento con el potencial de reducción mayor será reducido y depositado en el cátodo

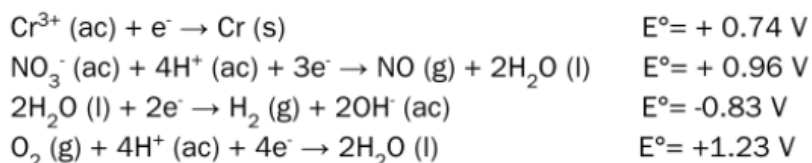
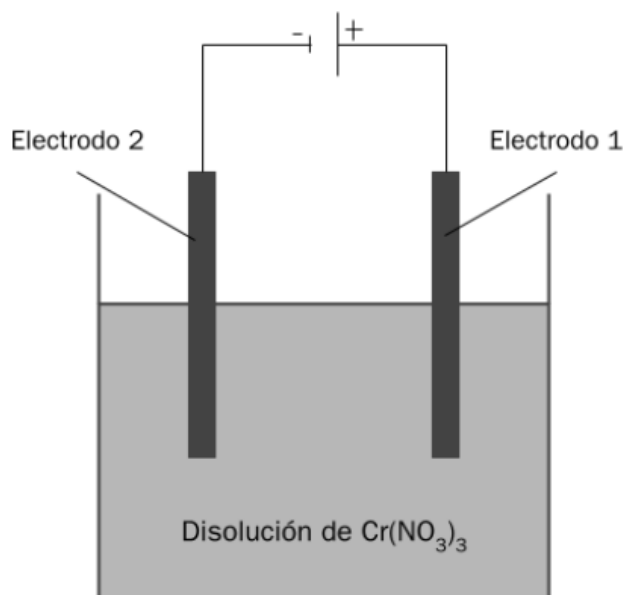
- Considerando a qué polo de la pila se encuentran conectados los electrodos, ya que el ánodo estará conectando al polo positivo y el cátodo al polo negativo
- Comparando los potenciales estándar de reducción de potasio y yodo, ya que ambos electrodos son iguales, por lo que cualquiera puede ser el cátodo o el ánodo

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



Pregunta 16:

¿Qué sucede en la celda electrolítica descrita en el diagrama si los electrodos son inertes?



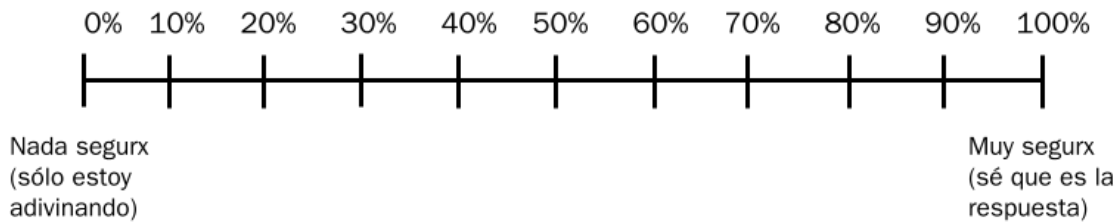
- El número de iones Cr^{3+} y de iones NO_3^- en la disolución aumentan
- El número de iones Cr^{3+} en la disolución aumenta y el de iones NO_3^- en la disolución permanece constante
- El número de iones Cr^{3+} en la disolución disminuye y el de iones NO_3^- en la disolución permanece constante
- El número de iones Cr^{3+} en la disolución permanece constante y el de iones NO_3^- en la disolución disminuye

Porque:

- Los iones Cr^{3+} son reducidos y depositados en el cátodo mientras que moléculas de agua son oxidadas en el ánodo
- Los iones Cr^{3+} son reducidos y depositados en el ánodo mientras que moléculas de agua son oxidadas en el cátodo

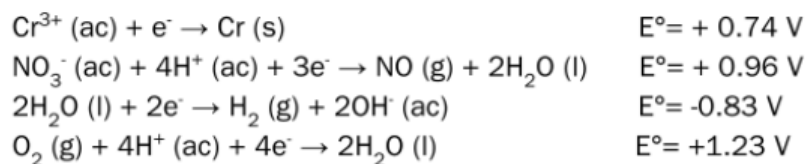
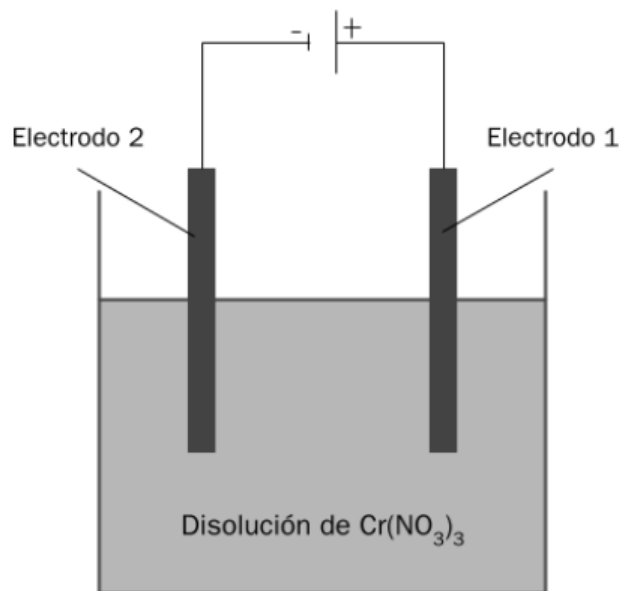
- Los iones Cr^{3+} son reducidos y depositados en el cátodo mientras que iones NO_3^- son oxidados a NO en el ánodo
- Los iones Cr^{3+} son reducidos y depositados en el ánodo mientras que iones NO_3^- son oxidados a NO en el cátodo

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



Pregunta 17:

Para electrodepositar Cr sobre un objeto de acero se deberá colocar Cr puro en:

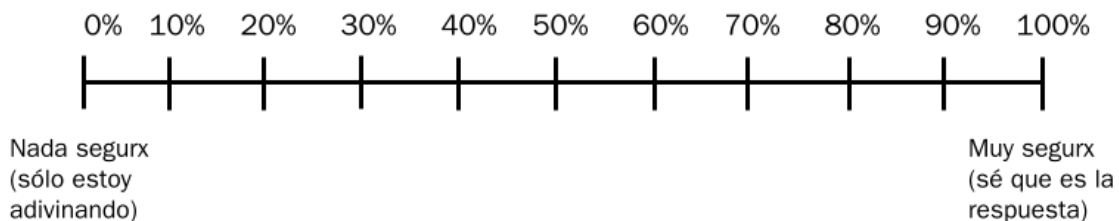


- El electrodo 1
- El electrodo 2

Porque:

- Los átomos de Cr en el electrodo 1 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del electrolito al electrodo 2 donde aceptan electrones y se depositan como Cr
- Los átomos de Cr en el electrodo 2 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del electrolito al electrodo 1 donde aceptan electrones y se depositan como Cr
- Los átomos de Cr en el electrodo 1 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del cable al electrodo 2 donde aceptan electrones y se depositan como Cr
- Los átomos de Cr en el electrodo 2 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del cable al electrodo 1 donde aceptan electrones y se depositan como Cr

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



¡Gracias!

Has completado con éxito el primer prototipo del Cuestionario de Electroquímica. Agradezco mucho tu participación. Por último, te pido respondas las siguientes preguntas sobre tu percepción de la evaluación.

¿Consideras que alguna de las preguntas fue confusa? ¿Por qué te confundió?

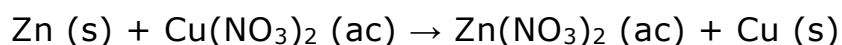
¿Consideras que el cuestionario evalúa de forma completa las nociones básicas sobre celdas electroquímicas? ¿Qué agregarías?

Utiliza este espacio para hacer cualquier otro comentario.

PROTOTIPO 1 (CON LAS RESPUESTAS ESPERADAS)

Pregunta 1:

Indica si la siguiente ecuación corresponde a una reacción de óxido-reducción:



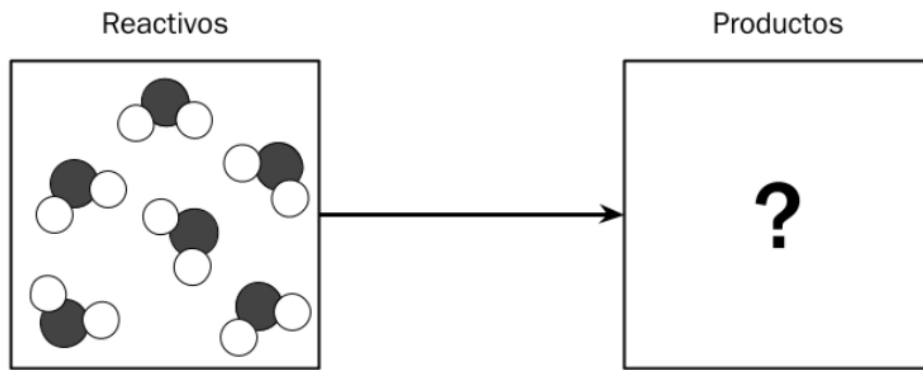
- Sí
- No

Porque:

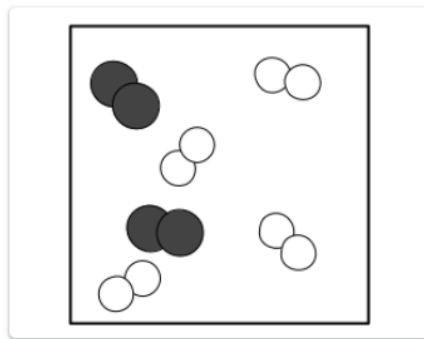
- Las cargas de Zn, Cu y NO₃ no cambian
- Los reactivos están en disolución o son sólidos metálicos
- El Zn y el Cu intercambian lugares
- La carga en Zn aumenta mientras que en Cu disminuye

Pregunta 2:

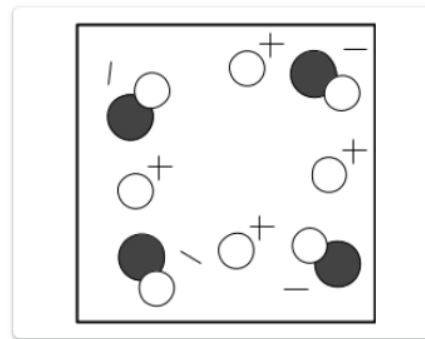
¿Qué imagen representaría mejor a los productos resultantes si los reactivos experimentan una reacción de óxido-reducción?



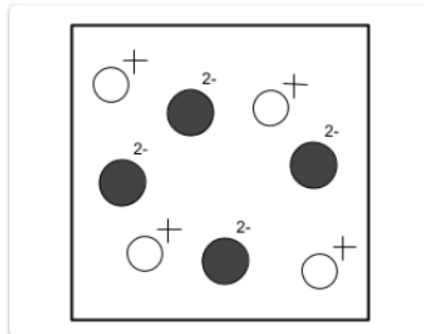
Oxígeno
 Hidrógeno



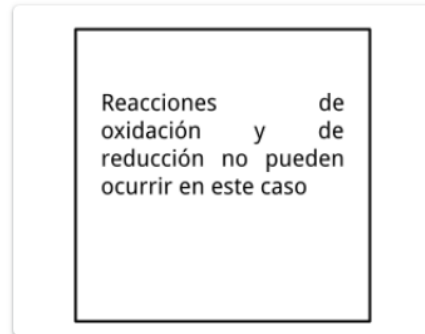
A



B



C



D

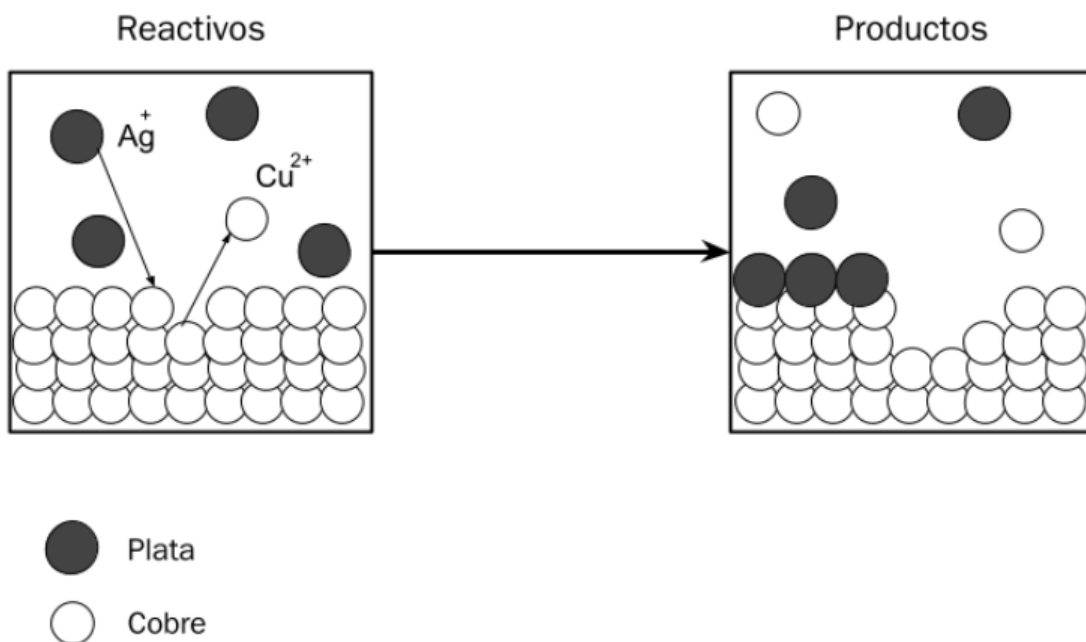
Porque:

- Reacciones de oxidación y reducción no pueden suceder si los reactivos no cambian

- Reacciones de oxidación y reducción no pueden ocurrir porque sólo hay un reactivo
- El número de oxidación cambia de 0 a -2 para el oxígeno y de 0 a +1 para el hidrógeno
- El número de oxidación cambia de -2 a 0 para el oxígeno y de +1 a 0 para el hidrógeno

Pregunta 3:

El diagrama que se muestra a continuación muestra una vista transversal de la reacción de oxidación-reducción de Cu (s) y AgNO₃ (ac). El nitrato no se muestra en las imágenes. ¿Cuál de las siguientes oraciones describe mejor a la plata en la reacción?



- Dos iones Ag⁺ provocan que un ion Cu²⁺ salga del sólido hacia la disolución
- Dos iones Ag⁺ reemplazan la carga que se pierde en el sólido cuando sale un ion Cu²⁺

- Dos iones Ag^+ son atraídos hacia los electrones que deja el ion Cu^{2+} cuando sale del sólido
- Dos iones Ag^+ reciben electrones del sólido de Cu

¿Cuál de las siguientes oraciones describe mejor al cobre?

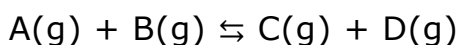
- Cu^{2+} debe salir para crear espacio para que el Ag^+ se pueda depositar
- Cuando Cu se convierte en ion, sale del sólido
- Cu^{2+} tiene una mayor carga positiva que Ag^+ , por lo que es atraído a la disolución por el NO_3^-
- Cuando Cu^{2+} sale del sólido, dos electrones quedan en el sólido

¿Cuál de las siguientes oraciones describe mejor al nitrato?

- NO_3^- recibe los electrones de un metal y los transfiere al otro
- La carga negativa de NO_3^- atrae al metal a la disolución
- NO_3^- no participa en la transferencia electrónica
- NO_3^- es irrelevante para la reacción porque se cancela en la ecuación iónica neta

Pregunta 4:

La siguiente reacción hipotética alcanza el equilibrio a 25°C . Una vez que se ha alcanzado el equilibrio, la concentración de C es aumentada al agregar un exceso del compuesto. Asumiendo que la temperatura se mantiene constante, ¿cuál de los siguientes enunciados describe lo que sucede con el valor numérico de la constante de equilibrio?



- Disminuye

- Aumenta
- Se mantiene igual

Porque:

- La velocidad de la reacción inversa aumenta y la velocidad de la reacción directa disminuye
- La velocidad de la reacción inversa aumenta y la velocidad de la reacción directa se mantiene igual
- La razón entre las concentraciones de productos y de reactivos es constante a temperatura constante
- La concentración de los productos ha incrementado

Pregunta 5:

La piedra caliza se descompone para formar cal viva y dióxido de carbono como se expresa en la ecuación química presentada a continuación. ¿Qué se podría decir sobre algún cambio en el equilibrio químico tras remover algo de CaCO_3 de la mezcla de equilibrio?



- Se desplazará hacia los reactivos
- No habrá un cambio en el equilibrio
- No puede predecirse

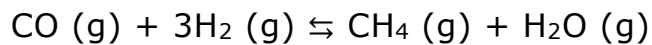
Porque:

- La cantidad de CaCO_3 aumenta en el sistema, lo que establece un nuevo equilibrio
- CaCO_3 es sólido, por lo que eliminarlo del medio no afectará el equilibrio

- CO_2 y CaO reaccionan para formar más CaCO_3 , como se establece en el principio de Le Châtelier
- La cantidad de CaCO_3 que se remueve del medio no es conocida

Pregunta 6:

El monóxido de carbono e hidrógeno reaccionan de acuerdo a la siguiente ecuación. Cuando 0.02 M de CO y 0.03 M de H_2 se introducen en un recipiente a 800 K y se permite que lleguen al equilibrio, ¿qué se podría decir sobre la velocidad de las reacciones directas e inversas cuando se alcanza ese equilibrio?



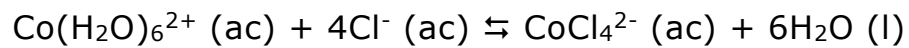
- Las velocidades son iguales
- La velocidad de la reacción directa es mayor que la de la reacción inversa
- La velocidad de la reacción inversa es mayor que la de la reacción directa

Porque:

- La reacción directa se completa antes que la reacción inversa comience
- Las velocidades de las reacciones directa e inversa son iguales cuando se alcanza el equilibrio
- Mientras pasa el tiempo, la concentración de los productos aumenta
- Al inicio, la concentración de los reactivos es mayor que la concentración de los productos

Pregunta 7:

Si se considera que la siguiente reacción reversible está en equilibrio en un tubo de ensayo que luce azul, ¿qué sucedería si se agrega agua al sistema?



Rosa

Azul

- La disolución se volverá rosa
- La disolución lucirá más azul
- El color de la disolución no cambiará

Porque:

- Para contrarrestar el aumento de agua presente en el sistema, se formará más $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+} (\text{ac})$
- Los líquidos no se incluyen en la expresión de la constante de equilibrio, por lo que la razón entre productos y reactivos no se modificará
- La reacción directa tiene una relación molar mayor que la reacción inversa
- La razón de la concentración de productos comparada con la de los reactivos disminuye y más $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+}$ se producirá

Pregunta 8:

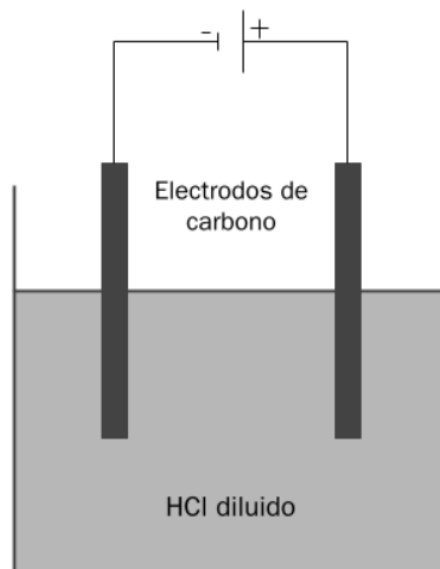
¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre celdas voltaicas y celdas electrolíticas es verdadera?

- La reacción de celda puede ocurrir de forma espontánea tanto en celdas voltaicas como electrolíticas

- En la celda voltaica, la energía química se transforma en energía eléctrica
- En la celda electrolítica, la energía eléctrica se transforma en energía química mientras que en la celda voltaica, la energía química se transforma en energía eléctrica
- La reacción de celda en una celda voltaica requiere corriente eléctrica mientras que la reacción en la celda electrolítica no requiere corriente eléctrica

Pregunta 9:

En el siguiente diagrama, se muestra una celda electrolítica para la electrólisis de ácido clorhídrico diluido, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?

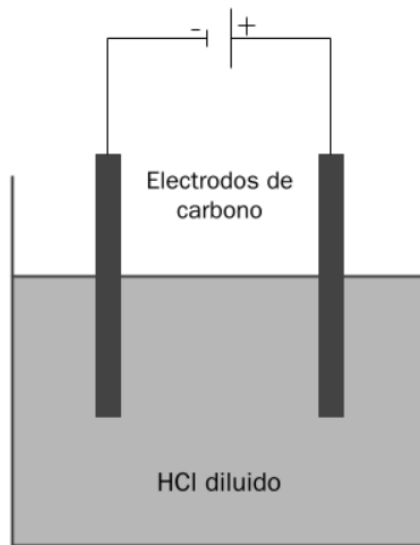


- HCl se descompone por electrólisis en iones H^+ y Cl^-
- H_2 se forma en el electrodo negativo, Cl_2 se forma en el electrodo positivo
- Todas las anteriores

- Ninguna de las anteriores

Pregunta 10:

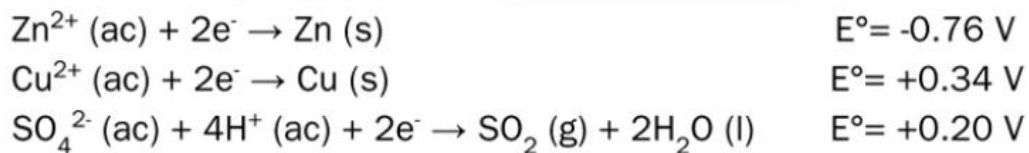
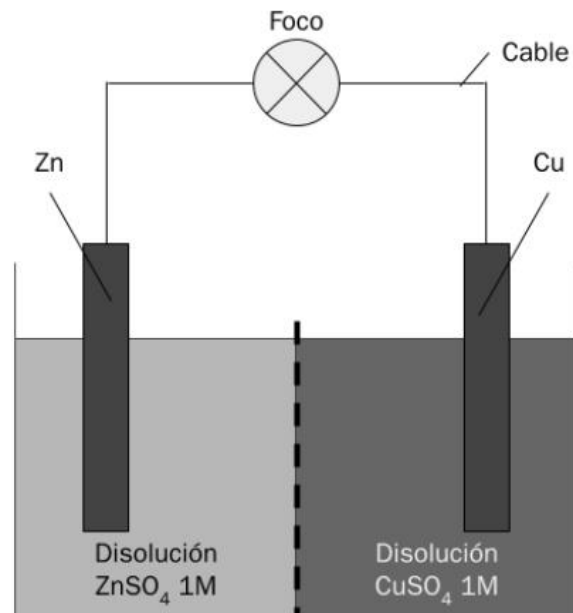
Tomando en cuenta la misma celda, ¿cuál de las siguientes afirmaciones describe de forma correcta la formación de hidrógeno (H_2) en el polo negativo?



- El HCl diluido contiene iones H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ se combinan para formar H_2
- El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ se combinan para formar H_2
- El HCl diluido contiene iones H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ aceptan un electrón cada uno para formar H_2
- El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ aceptan un electrón cada uno para formar H_2

Pregunta 11:

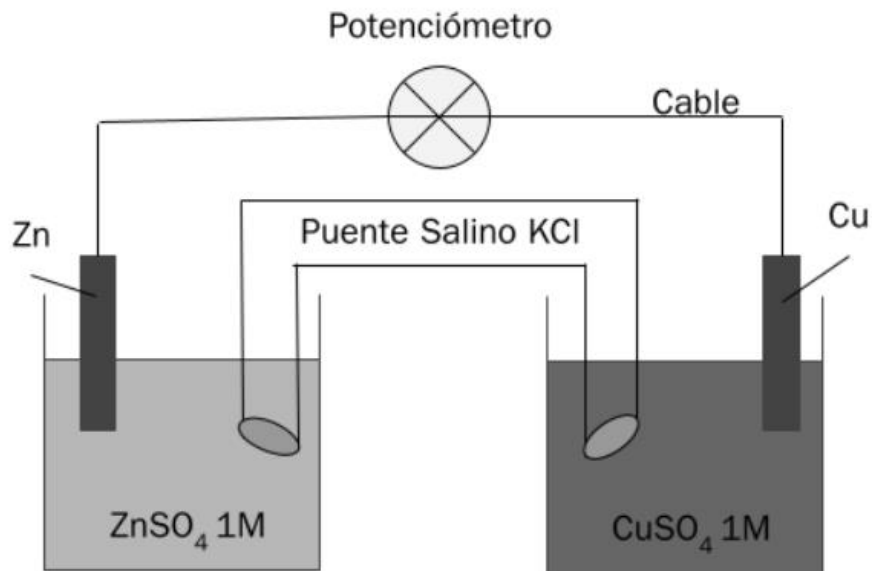
El diagrama mostrado a continuación muestra una celda voltaica. Muchos metales de transición son utilizados como electrodos en celdas electroquímicas. El Cu y el Zn en la celda voltaica del diagrama pueden ser consideradas como:



- Electrodos activos porque Zn y Cu son metales de transición con una tendencia a ser oxidados
- Electrodos inertes porque ni Zn ni Cu cambian cuando la celda está en operación
- Electrodos activos porque Zn y Cu participan en la reacción redox que ocurre en la celda
- Electrodos inertes porque las masas de los electrodos disminuyen durante la reacción

Pregunta 12:

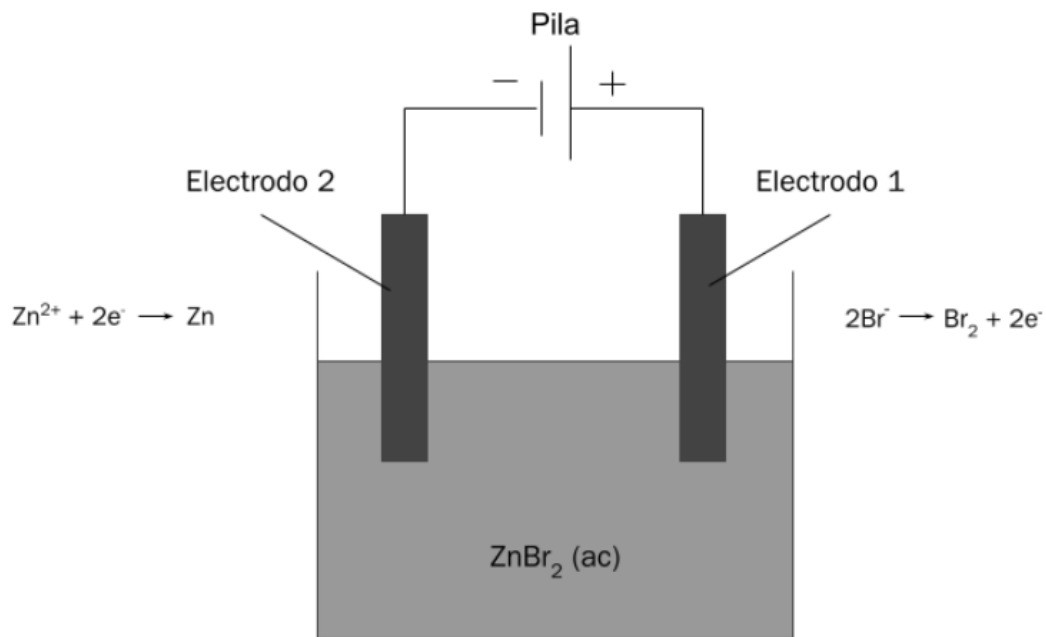
El puente salino del diagrama siguiente conecta a los electrolitos de las semiceldas del cátodo y del ánodo. Si se reemplazara el puente salino con un alambre de Pt, que es un conductor eléctrico, ¿qué sucedería con la electricidad?



- Se producirá electricidad porque Pt es un conductor de iones y electrones
- Se produciría electricidad porque existe un flujo constante de electrones a través del alambre de Pt
- No se producirá electricidad porque ni iones ni electrones pueden fluir a través del alambre de Pt
- No se producirá electricidad porque sólo los iones pueden fluir a través del alambre de Pt

Pregunta 13:

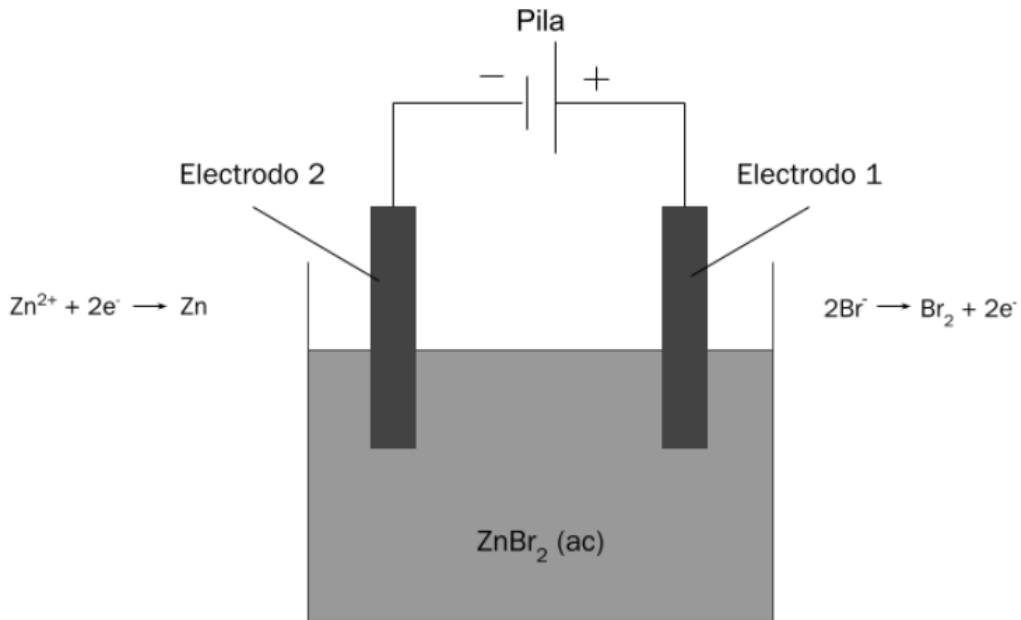
¿Cuál de los electrodos mostrados en el diagrama es el cátodo?



- El electrodo 1 porque recibe electrones del polo negativo de la pila, promoviendo que la reducción pueda ocurrir
- El electrodo 2 porque recibe electrones del polo negativo de la pila, promoviendo que la reducción pueda ocurrir
- El electrodo 1 porque recibe electrones del polo positivo de la pila, provocando que la oxidación pueda ocurrir
- El electrodo 2 porque recibe electrones del polo positivo de la pila, provocando que la oxidación pueda ocurrir

Pregunta 14:

¿Cuál es la dirección del flujo de electrones en el diagrama siguiente cuando la celda está operando?



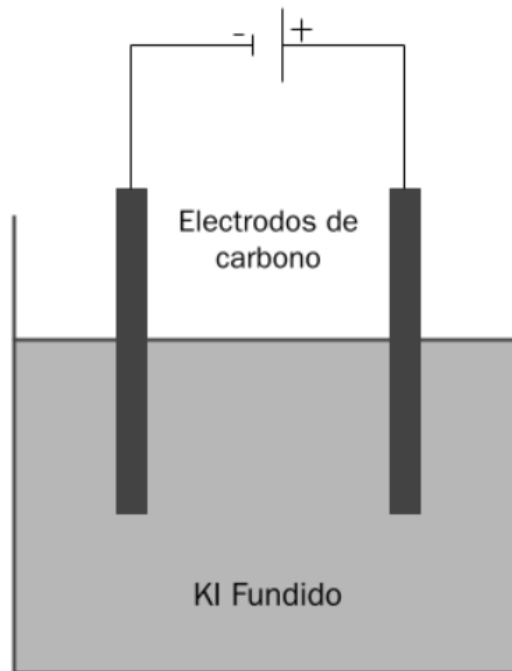
- Del electrodo 2 al electrodo 1 a través del cable
- Del electrodo 1 al electrodo 2 a través de la disolución de $ZnBr_2$
- Del electrodo 1 al electrodo 2 a través del cable
- Del electrodo 2 al electrodo 1 a través de la disolución de $ZnBr_2$

Porque:

- Los aniones en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones
- Los aniones en el electrolito migran al electrodo 1 y ceden electrones
- Los cationes en el electrolito migran al electrodo 1 y aceptan electrones
- Los cationes en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones

Pregunta 15:

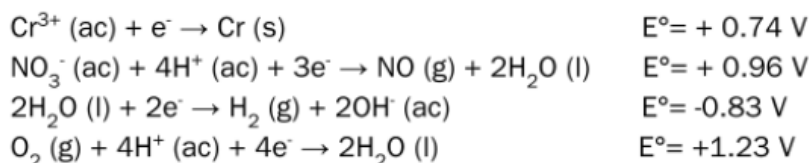
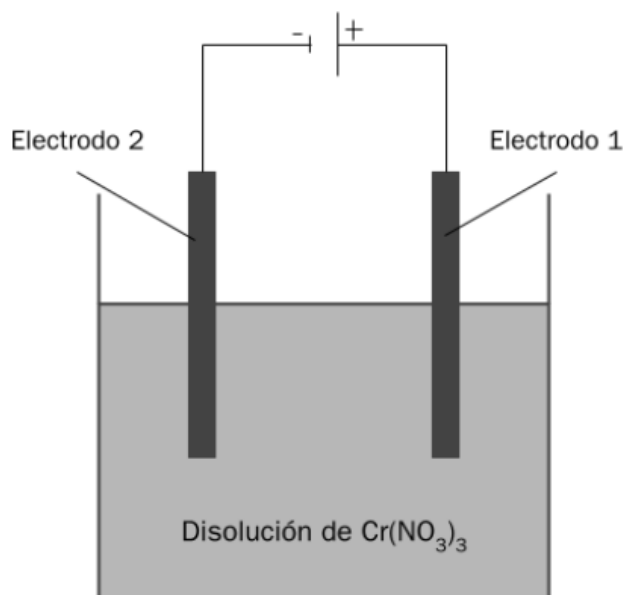
Considera la celda representada en el diagrama. ¿Cómo se sabe cuál de los dos electrodos es el cátodo y cuál es el ánodo?



- Determinando el electrodo en donde exista un producto depositado, ya que el elemento con el potencial de reducción mayor será reducido y depositado en el cátodo
- Considerando a qué polo de la pila se encuentran conectados los electrodos, ya que el ánodo estará conectando al polo positivo y el cátodo al polo negativo
- Comparando los potenciales estándar de reducción de potasio y yodo, ya que ambos electrodos son iguales, por lo que cualquiera puede ser el cátodo o el ánodo

Pregunta 16:

¿Qué sucede en la celda electrolítica descrita en el diagrama si los electrodos son inertes?



- El número de iones Cr^{3+} y de iones NO_3^- en la disolución aumentan
- El número de iones Cr^{3+} en la disolución aumenta y el de iones NO_3^- en la disolución permanece constante
- El número de iones Cr^{3+} en la disolución disminuye y el de iones NO_3^- en la disolución permanece constante
- El número de iones Cr^{3+} en la disolución permanece constante y el de iones NO_3^- en la disolución disminuye

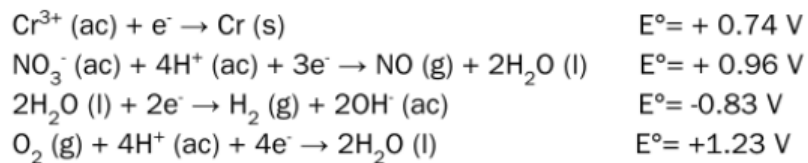
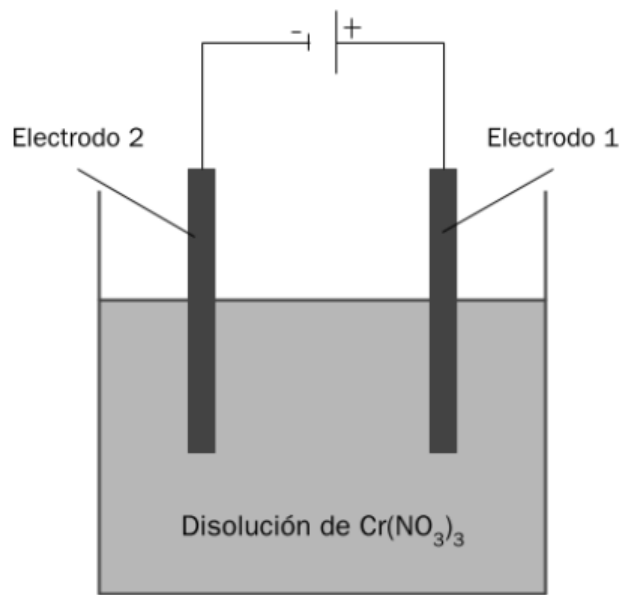
Porque:

- Los iones Cr^{3+} son reducidos y depositados en el cátodo mientras que moléculas de agua son oxidadas en el ánodo
- Los iones Cr^{3+} son reducidos y depositados en el ánodo mientras que moléculas de agua son oxidadas en el cátodo

- Los iones Cr^{3+} son reducidos y depositados en el cátodo mientras que iones NO_3^- son oxidados a NO en el ánodo
- Los iones Cr^{3+} son reducidos y depositados en el ánodo mientras que iones NO_3^- son oxidados a NO en el cátodo

Pregunta 17:

Para electrodepositar Cr sobre un objeto de acero se deberá colocar Cr puro en:



- El electrodo 1
- El electrodo 2

Porque:

- Los átomos de Cr en el electrodo 1 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del electrolito al electrodo 2 donde aceptan electrones y se depositan como Cr
- Los átomos de Cr en el electrodo 2 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del electrolito al electrodo 1 donde aceptan electrones y se depositan como Cr
- Los átomos de Cr en el electrodo 1 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del cable al electrodo 2 donde aceptan electrones y se depositan como Cr
- Los átomos de Cr en el electrodo 2 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del cable al electrodo 1 donde aceptan electrones y se depositan como Cr

PROTOTIPO 2 (SIN RESPONDER)

Cuestionario de Electroquímica 2024-1

Por favor, lee cuidadosamente la información presentada y contesta con total sinceridad.

Este cuestionario es una herramienta de investigación que utilizará tus respuestas de forma anónima y confidencial.

Tus profesores no sabrán cómo respondiste ninguna de las preguntas ni tu puntuación, ya que no se evaluará numéricamente esta prueba. Tu participación no afectará de ninguna manera tu evaluación.

El objetivo de este cuestionario es recabar información sobre el dominio de ciertos temas relacionados con la materia de Electroquímica o Fisicoquímica de Iónica y Electrónica, que se imparte en la Facultad

de Química, para poder ayudar a nuevas generaciones de estudiantes a tener un mejor dominio de los conceptos electroquímicos.

Doy mi consentimiento para participar en la investigación, sabiendo que mi información personal será privada y confidencial:

- Sí
- No

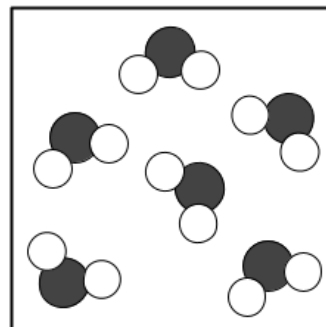
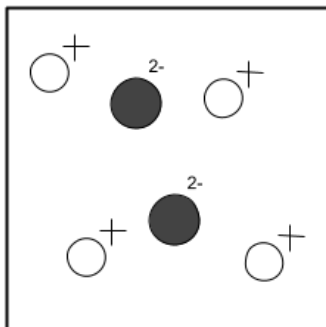
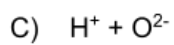
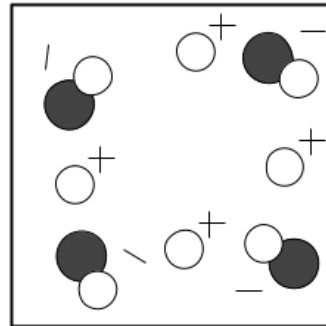
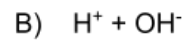
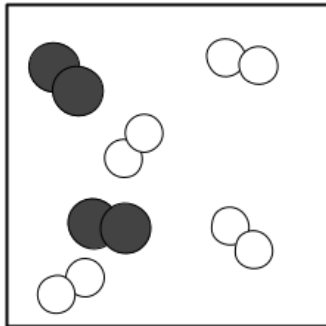
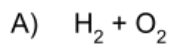
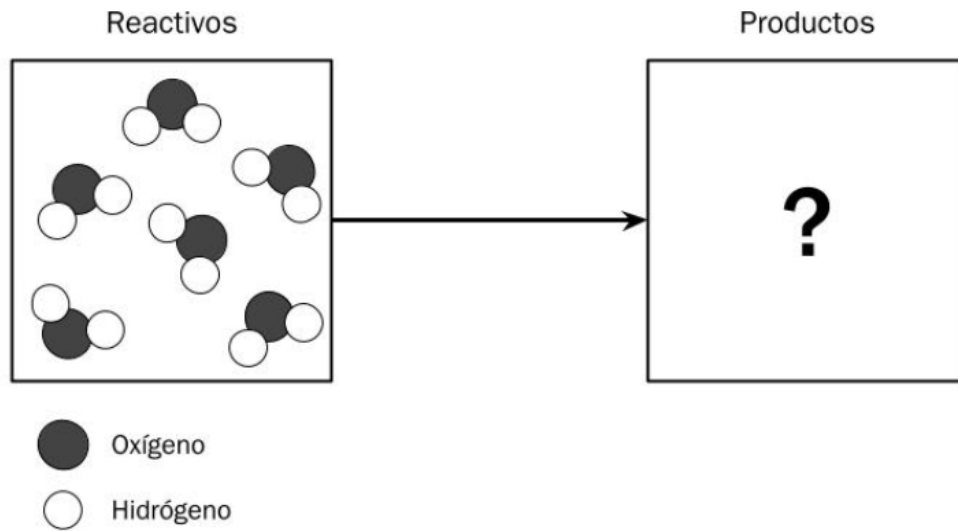
Por favor, coloca tus iniciales. Si tienes dos o más nombres, sólo coloca uno de ellos. Por ejemplo, si tu nombre es María Fernanda Barrios Ávila, sólo coloca MBA. _____

¿En qué licenciatura estás inscritx?

- Ingeniería Química
- Ingeniería Química Metalúrgica
- Química
- Química de Alimentos
- Química e Ingeniería en Materiales
- Química Farmacéutica Biológica

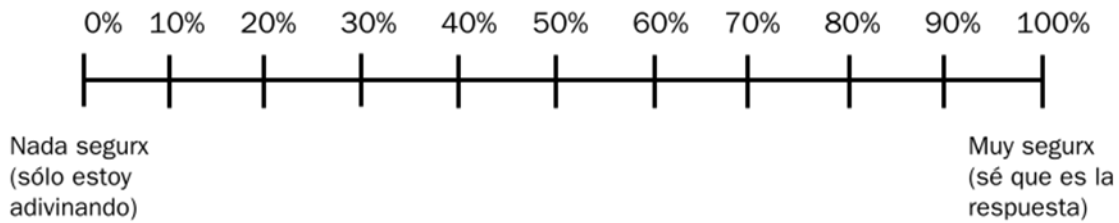
Pregunta 1:

¿Qué opción representa mejor a los productos resultantes de esta reacción si los reactivos experimentan una reacción de reducción-oxidación?



¿Por qué elegiste esta opción? ¿Cómo supiste que es la respuesta correcta?

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



Pregunta 2:

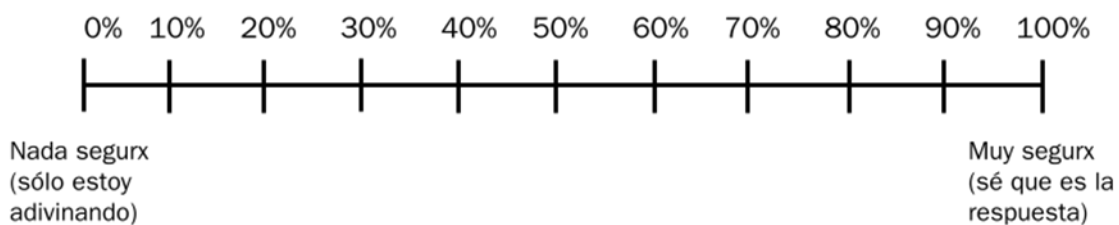
La piedra caliza se descompone al aumentar la temperatura para formar cal viva y dióxido de carbono como se expresa en la ecuación química presentada a continuación. ¿Qué se podría decir sobre el valor de la constante de equilibrio tras remover algo de CaCO_3 de la mezcla en equilibrio?



- Aumentará su valor
- Disminuirá su valor
- No puede predecirse
- No habrá cambio en su valor

¿Por qué elegiste esa opción? ¿Cómo sabes que es la respuesta correcta?

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?

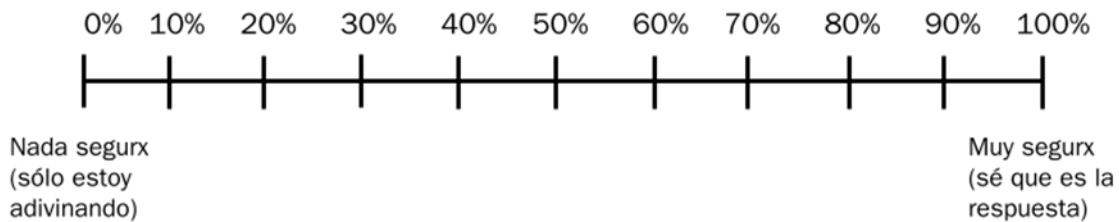


Pregunta 3:

¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre celdas voltaicas y celdas electrolíticas es verdadera?

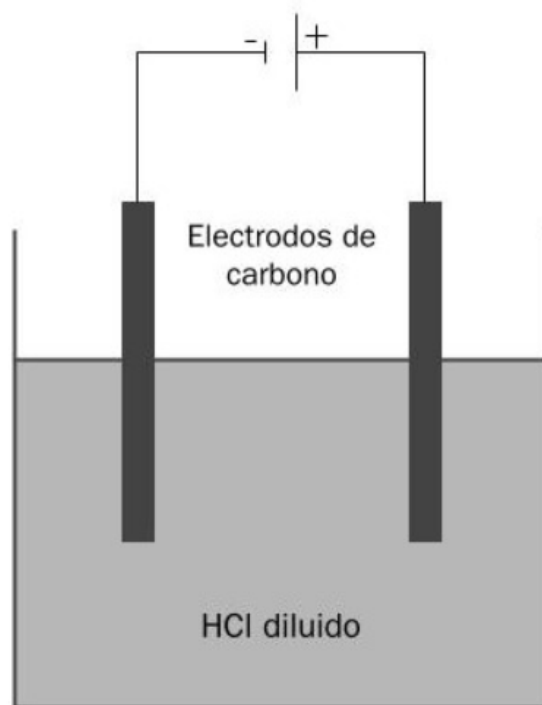
- En la celda electrolítica, la energía eléctrica se transforma en energía química mientras que en la celda voltaica, la energía química se transforma en energía eléctrica.
- La reacción de celda en una celda voltaica requiere corriente eléctrica mientras que la reacción en la celda electrolítica no requiere corriente eléctrica.
- La reacción de celda puede ocurrir de forma espontánea tanto en celdas voltaicas como electrolíticas.

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



Pregunta 4:

En el siguiente diagrama se muestra una celda electrolítica para la electrólisis de ácido clorhídrico diluido. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?



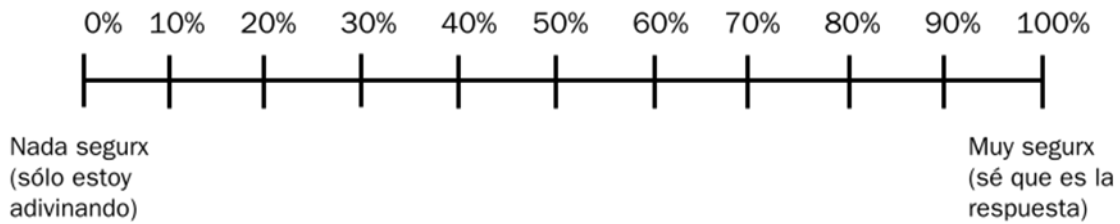
- HCl se descompone por electrólisis en iones H^+ y Cl^-
- H_2 se forma en el electrodo negativo, Cl_2 se forma en el electrodo positivo
- Todas las anteriores
- Ninguna de las anteriores

¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe de forma correcta la reacción que ocurre con el hidrógeno?

- El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ se combinan para formar H_2 .
- El HCl diluido contiene iones H^+ y Cl^- . En el polo positivo, dos iones H^+ se combinan para formar H_2 .
- El HCl diluido contiene H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ aceptan un electrón cada uno para formar H_2 .

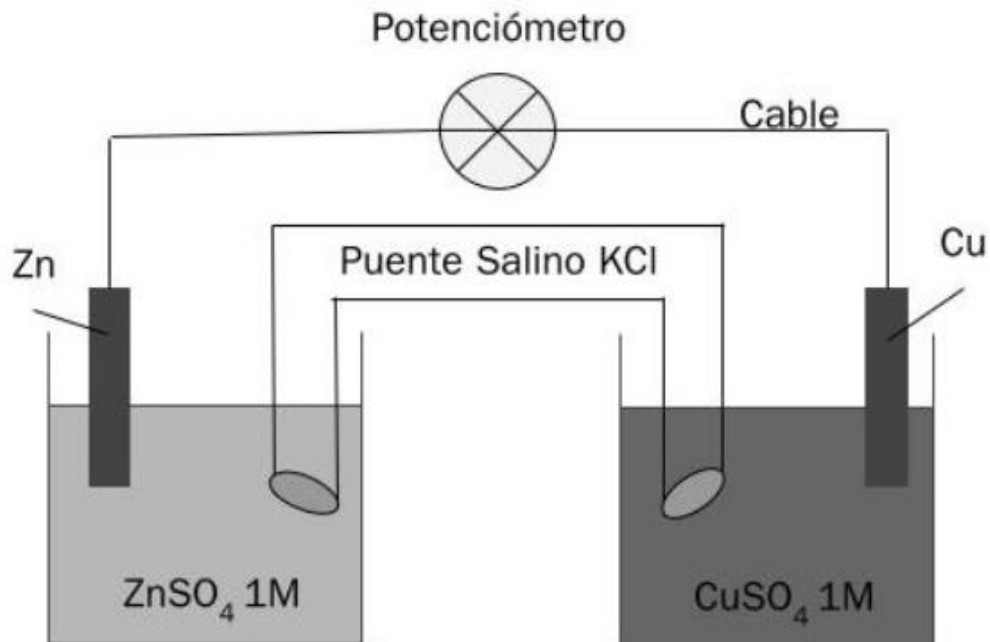
- El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H^+ y Cl^- en los polos positivos y negativos.

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



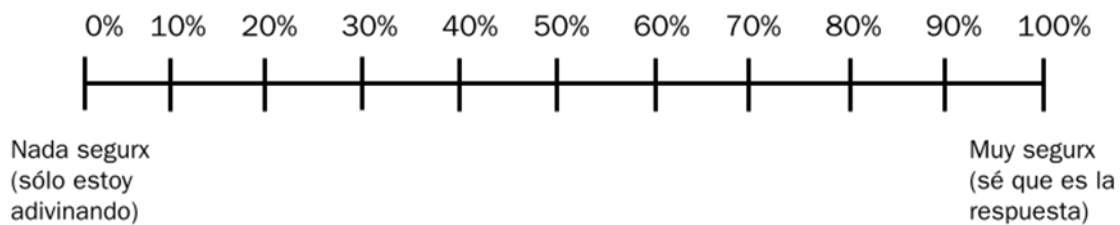
Pregunta 5:

El puente salino del diagrama siguiente conecta a los electrolitos de las semiceldas del cátodo y del ánodo. Si se reemplazara el puente salino con un alambre de Pt, que es un conductor eléctrico, ¿qué sucedería con la electricidad?



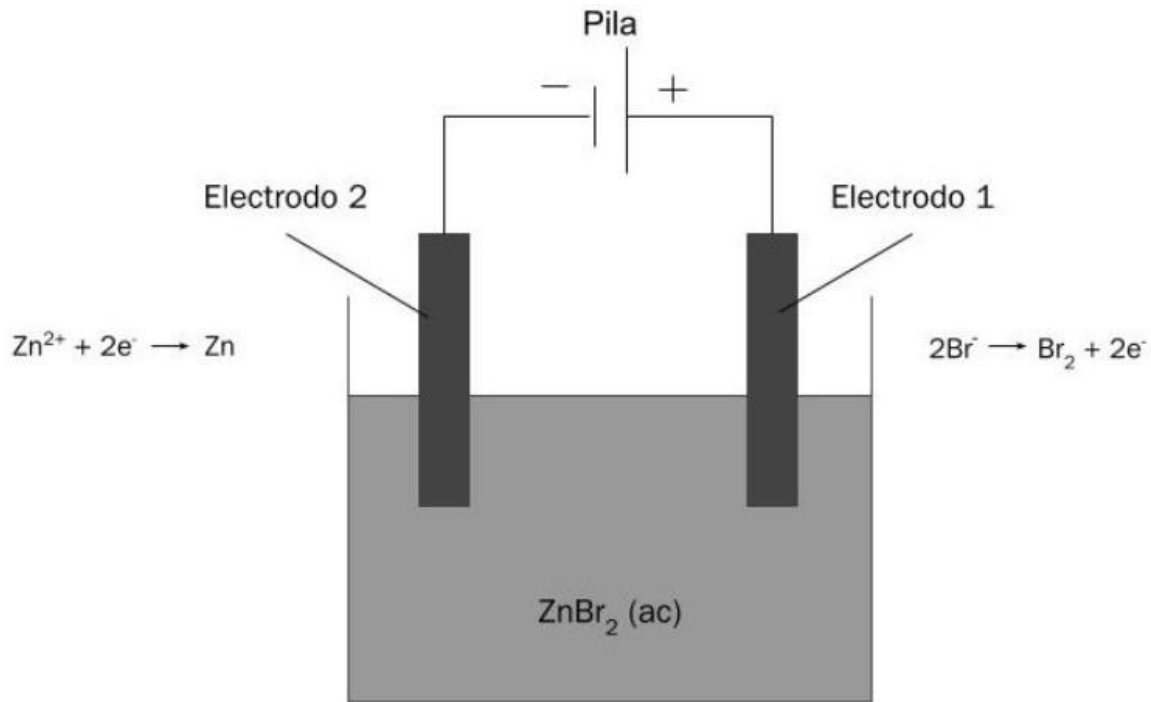
- No se produciría electricidad porque sólo los iones pueden fluir a través del alambre de Pt
- No se produciría electricidad porque ni iones ni electrones pueden fluir a través del alambre de Pt
- Se produciría electricidad porque Pt es un conductor de iones y electrones
- Se produciría electricidad porque existe un flujo constante de electrones a través del alambre de Pt

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



Pregunta 6:

¿Cuál es la dirección del flujo de electrones en el diagrama siguiente cuando la celda está operando?

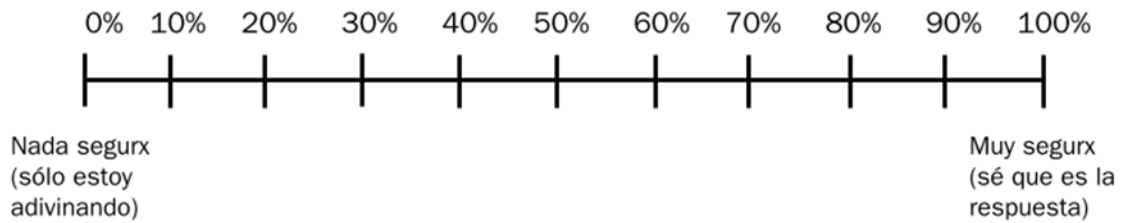


- Del electrodo 2 al electrodo 1 a través de la disolución de $ZnBr_2$
- Del electrodo 1 al electrodo 2 a través de la disolución de $ZnBr_2$
- Del electrodo 2 al electrodo 1 a través del cable
- Del electrodo 1 al electrodo 2 a través del cable

Porque:

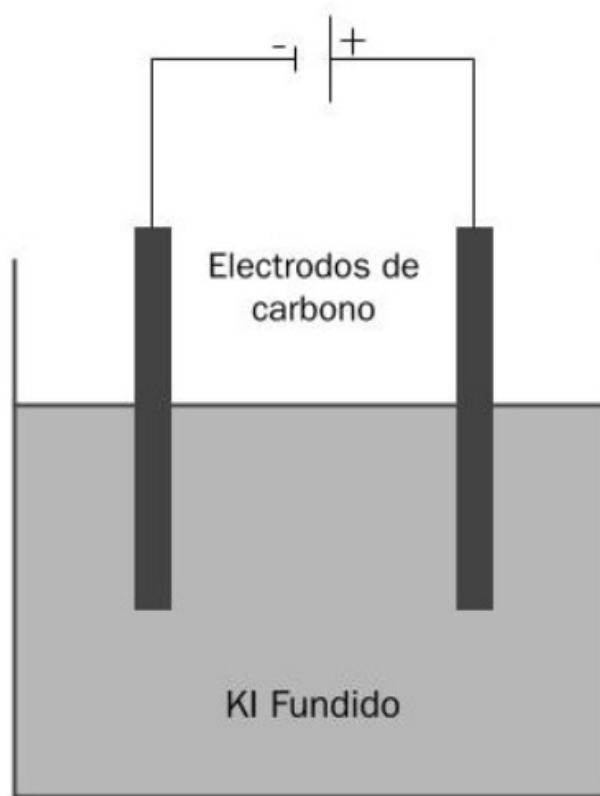
- Los cationes en el electrolito migran al electrodo 1 y aceptan electrones
- Los aniones en el electrolito migran al electrodo 1 y ceden electrones
- Los aniones en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones
- Los cationes en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



Pregunta 7:

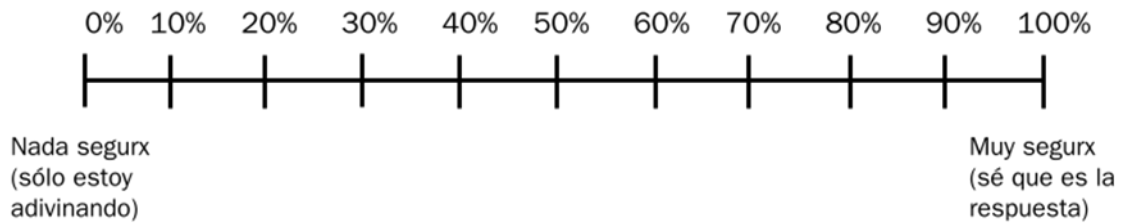
Considera la celda representada en el diagrama. El cátodo es el electrodo ___ y el ánodo es el electrodo _____.



- Negativo, positivo.
- Positivo, negativo.
- No puede saberse con la información proporcionada.

¿Por qué elegiste esa opción? ¿Cómo sabes que es la respuesta correcta?

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



Pregunta 8:

Para electrodepositar Cr sobre un objeto de acero se deberá colocar Cr puro en:

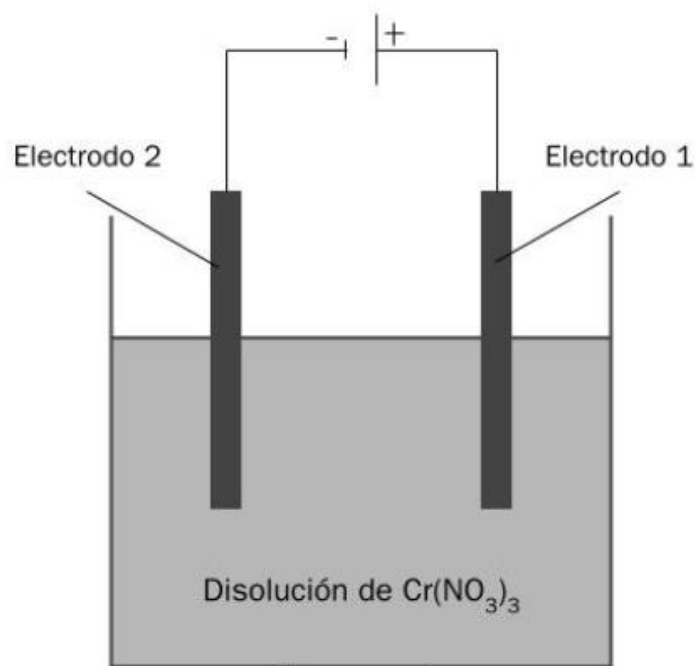
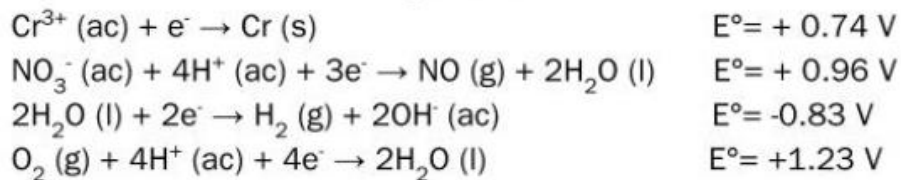


Diagrama 6



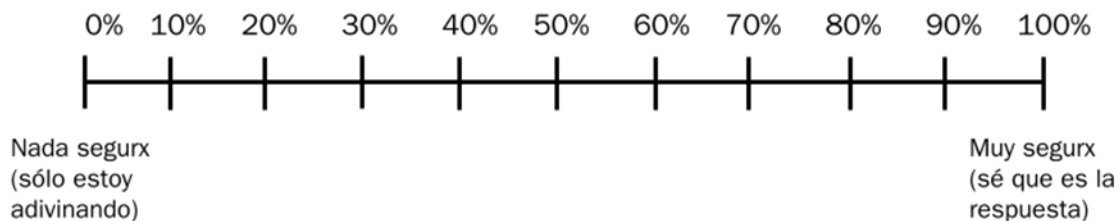
- El electrodo 1

- El electrodo 2

Porque:

- Los átomos de Cr en el electrodo 2 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del cable al electrodo 1 donde aceptan electrones y se depositan como Cr
- Los átomos de Cr en el electrodo 1 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del cable al electrodo 2 donde aceptan electrones y se depositan como Cr
- Los átomos de Cr en el electrodo 1 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del electrolito al electrodo 2 donde aceptan electrones y se depositan como Cr
- Los átomos de Cr en el electrodo 2 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del electrolito al electrodo 1 donde aceptan electrones y se depositan como Cr

¿Qué tan segurx estás de tu respuesta?



iGracias!

Has completado con éxito el cuestionario. Agradezco mucho tu participación. Por último, te pido respondas las siguientes preguntas sobre tu percepción de la evaluación.

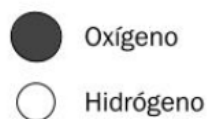
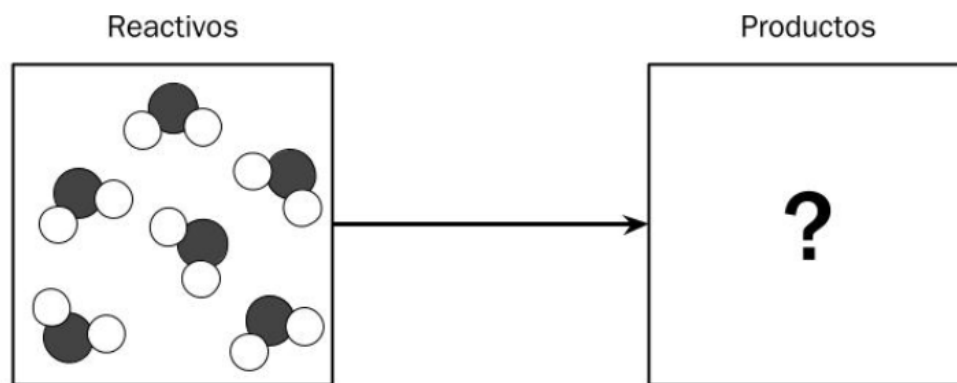
¿Consideras que alguna de las preguntas fue confusa? ¿Por qué te confundió?

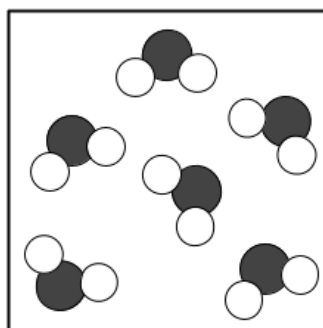
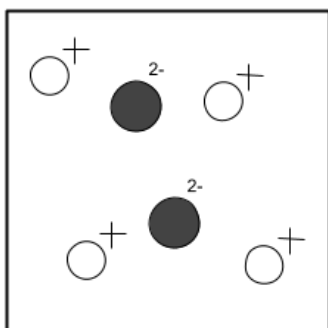
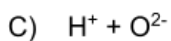
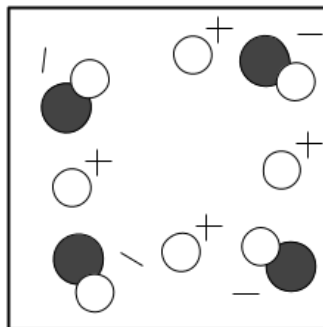
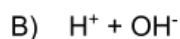
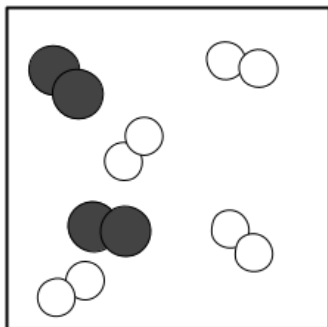
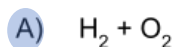
Utiliza este espacio para hacer cualquier otro comentario.

PROTOTIPO 2 (CON LAS RESPUESTAS ESPERADAS)

Pregunta 1:

¿Qué opción representa mejor a los productos resultantes de esta reacción si los reactivos experimentan una reacción de reducción-oxidación?





¿Por qué elegiste esta opción? ¿Cómo supiste que es la respuesta correcta?

Porque el hidrógeno se reduce (acepta electrones, disminuye su estado de oxidación) para formar H_2 y el oxígeno se oxida (cede electrones, aumenta su estado de oxidación) para formar O_2 .

Pregunta 2:

La piedra caliza se descompone al aumentar la temperatura para formar cal viva y dióxido de carbono como se expresa en la ecuación química presentada a continuación. ¿Qué se podría decir sobre el valor de la constante de equilibrio tras remover algo de CaCO_3 de la mezcla en equilibrio?



- Aumentará su valor

- Disminuirá su valor
- No puede predecirse
- No habrá cambio en su valor

¿Por qué elegiste esa opción? ¿Cómo sabes que es la respuesta correcta?

Porque el carbonato de calcio es un sólido, por lo que su concentración es constante y no se contempla en el cálculo de la constante de equilibrio. Adicionalmente, incluso si su concentración cambiara, la constante de equilibrio permanecerá constante una vez que la reacción haya alcanzado el equilibrio.

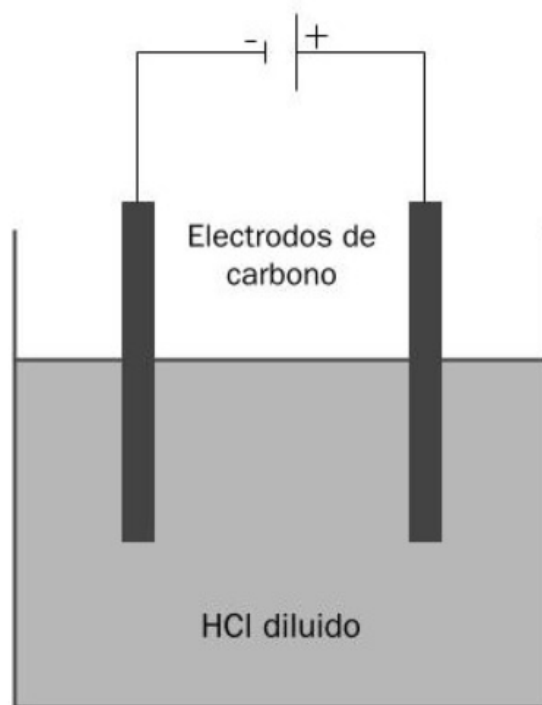
Pregunta 3:

¿Cuál de las siguientes afirmaciones sobre celdas voltaicas y celdas electrolíticas es verdadera?

- En la celda electrolítica, la energía eléctrica se transforma en energía química mientras que en la celda voltaica, la energía química se transforma en energía eléctrica.
- La reacción de celda en una celda voltaica requiere corriente eléctrica mientras que la reacción en la celda electrolítica no requiere corriente eléctrica.
- La reacción de celda puede ocurrir de forma espontánea tanto en celdas voltaicas como electrolíticas.

Pregunta 4:

En el siguiente diagrama se muestra una celda electrolítica para la electrólisis de ácido clorhídrico diluido. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es verdadera?



- HCl se descompone por electrólisis en iones H^+ y Cl^-
- H_2 se forma en el electrodo negativo, Cl_2 se forma en el electrodo positivo
- Todas las anteriores
- Ninguna de las anteriores

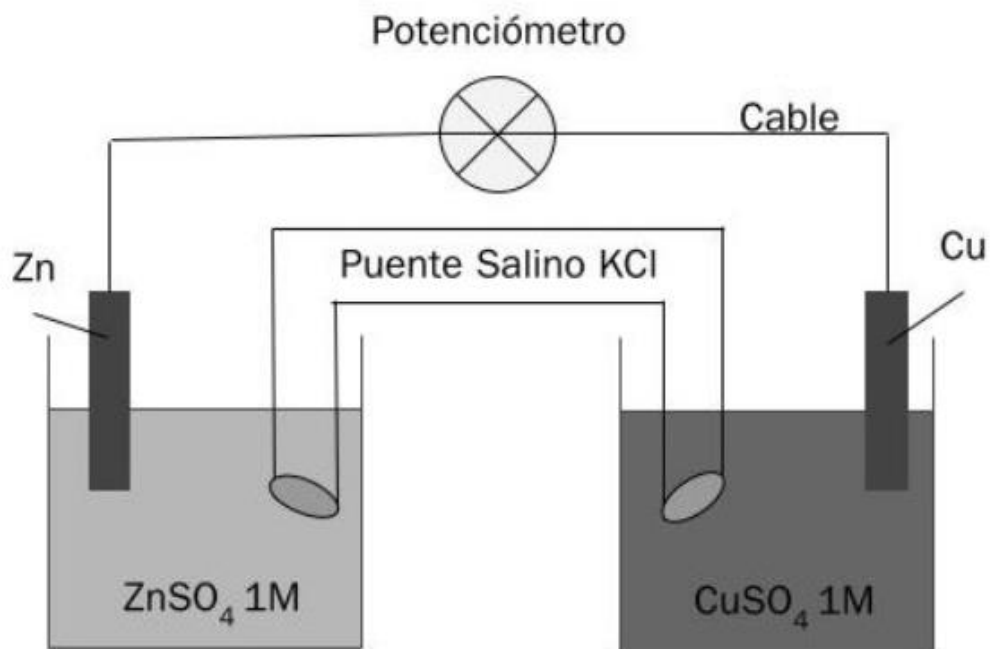
¿Cuál de las siguientes afirmaciones describe de forma correcta la reacción que ocurre con el hidrógeno?

- El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ se combinan para formar H_2 .
- El HCl diluido contiene iones H^+ y Cl^- . En el polo positivo, dos iones H^+ se combinan para formar H_2 .
- El HCl diluido contiene H^+ y Cl^- . En el polo negativo, dos iones H^+ aceptan un electrón cada uno para formar H_2 .

- El HCl se descompone mediante electrólisis en iones H^+ y Cl^- en los polos positivos y negativos.

Pregunta 5:

El puente salino del diagrama siguiente conecta a los electrolitos de las semiceldas del cátodo y del ánodo. Si se reemplazara el puente salino con un alambre de Pt, que es un conductor eléctrico, ¿qué sucedería con la electricidad?

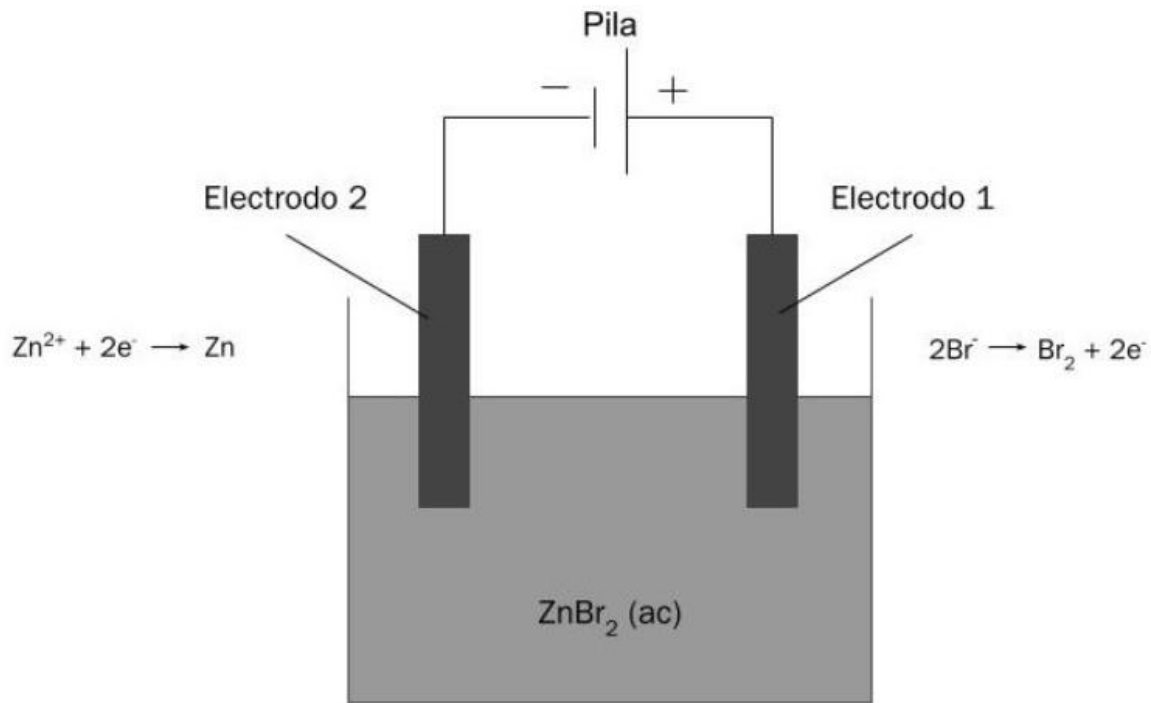


- No se produciría electricidad porque sólo los iones pueden fluir a través del alambre de Pt
- No se produciría electricidad porque ni iones ni electrones pueden fluir a través del alambre de Pt
- Se produciría electricidad porque Pt es un conductor de iones y electrones

- Se produciría electricidad porque existe un flujo constante de electrones a través del alambre de Pt

Pregunta 6:

¿Cuál es la dirección del flujo de electrones en el diagrama siguiente cuando la celda está operando?



- Del electrodo 2 al electrodo 1 a través de la disolución de ZnBr_2
- Del electrodo 1 al electrodo 2 a través de la disolución de ZnBr_2
- Del electrodo 2 al electrodo 1 a través del cable
- Del electrodo 1 al electrodo 2 a través del cable

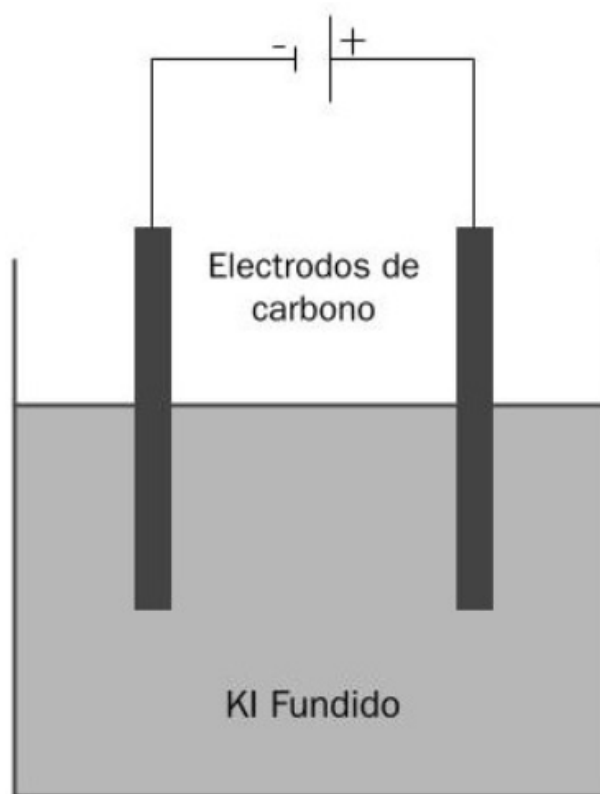
Porque:

- Los cationes en el electrolito migran al electrodo 1 y aceptan electrones
- Los aniones en el electrolito migran al electrodo 1 y ceden electrones

- Los aniones en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones
- Los cationes en el electrolito migran al electrodo 2 y ceden electrones

Pregunta 7:

Considera la celda representada en el diagrama. El cátodo es el electrodo ___ y el ánodo es el electrodo _____.



- **Negativo, positivo.**
- Positivo, negativo.
- No puede saberse con la información proporcionada.

¿Por qué elegiste esa opción? ¿Cómo sabes que es la respuesta correcta?

Porque en una celda electrolítica, el cátodo es el electrodo negativo, donde se lleva a cabo la reducción, y el ánodo es el electrodo positivo, donde se lleva a cabo la oxidación.

Pregunta 8:

Para electrodepositar Cr sobre un objeto de acero se deberá colocar Cr puro en:

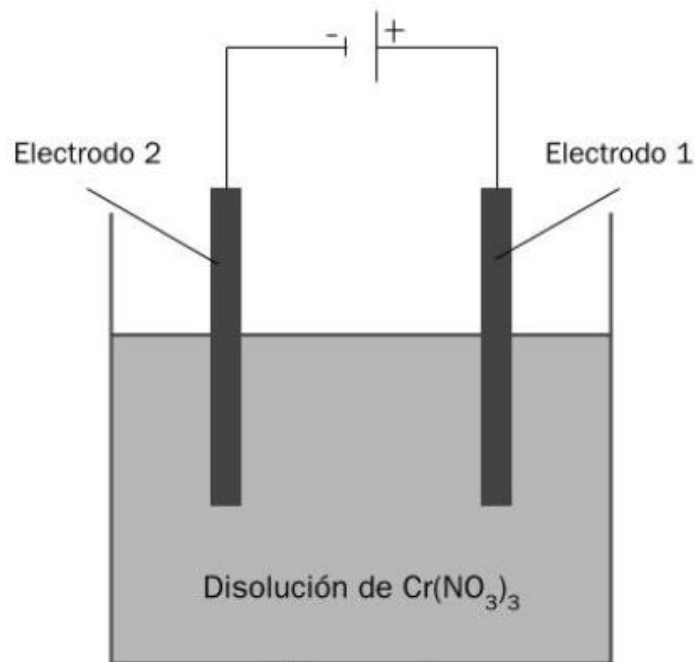
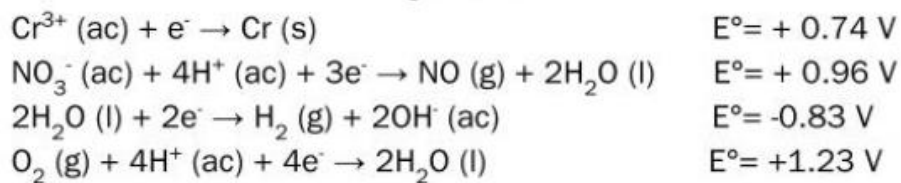


Diagrama 6



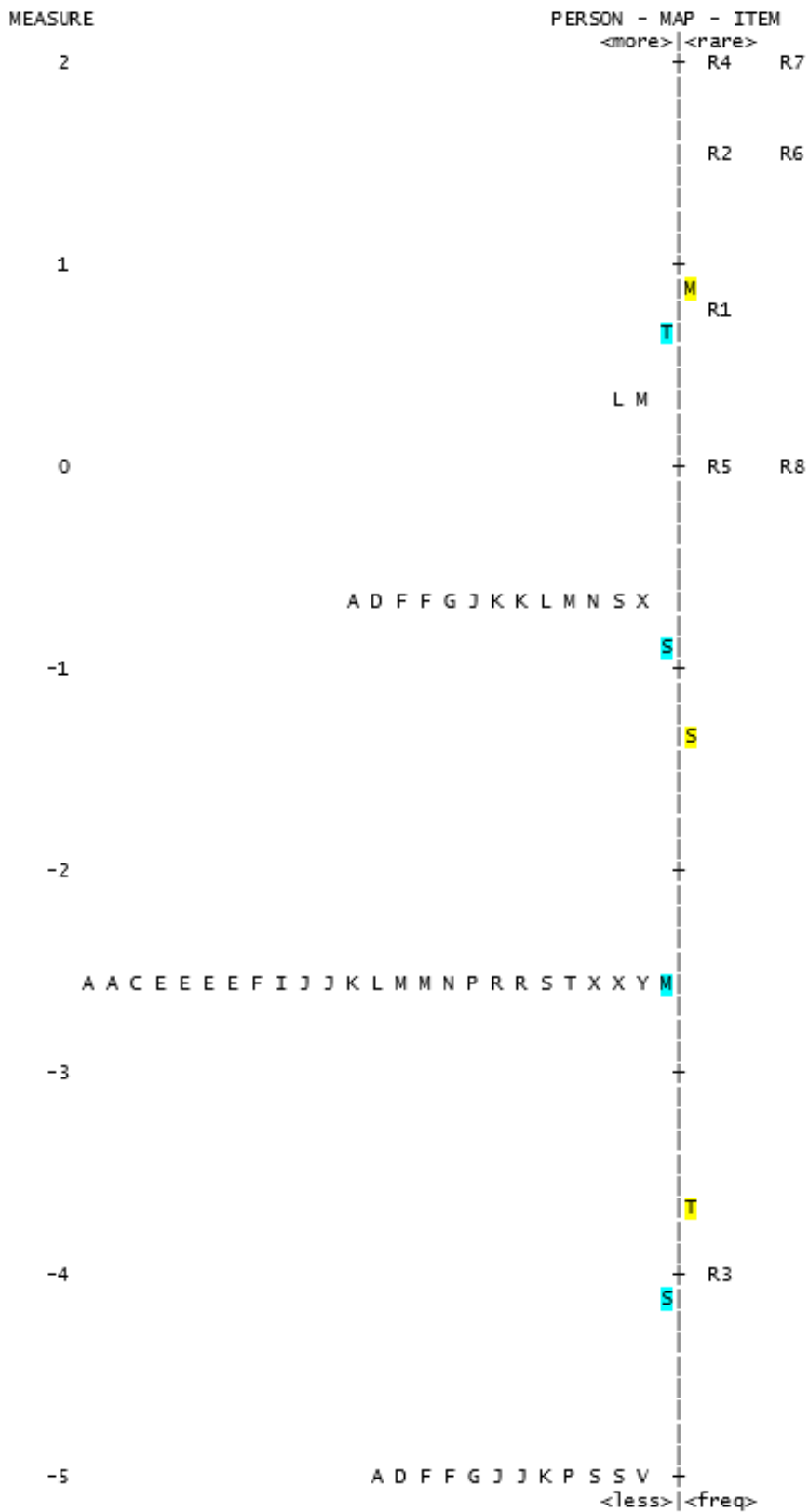
- El electrodo 1
- El electrodo 2

Porque:

- Los átomos de Cr en el electrodo 2 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del cable al electrodo 1 donde aceptan electrones y se depositan como Cr
- Los átomos de Cr en el electrodo 1 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del cable al electrodo 2 donde aceptan electrones y se depositan como Cr
- Los átomos de Cr en el electrodo 1 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del electrolito al electrodo 2 donde aceptan electrones y se depositan como Cr
- Los átomos de Cr en el electrodo 2 liberan electrones formando iones Cr^{3+} que migran a través del electrolito al electrodo 1 donde aceptan electrones y se depositan como Cr

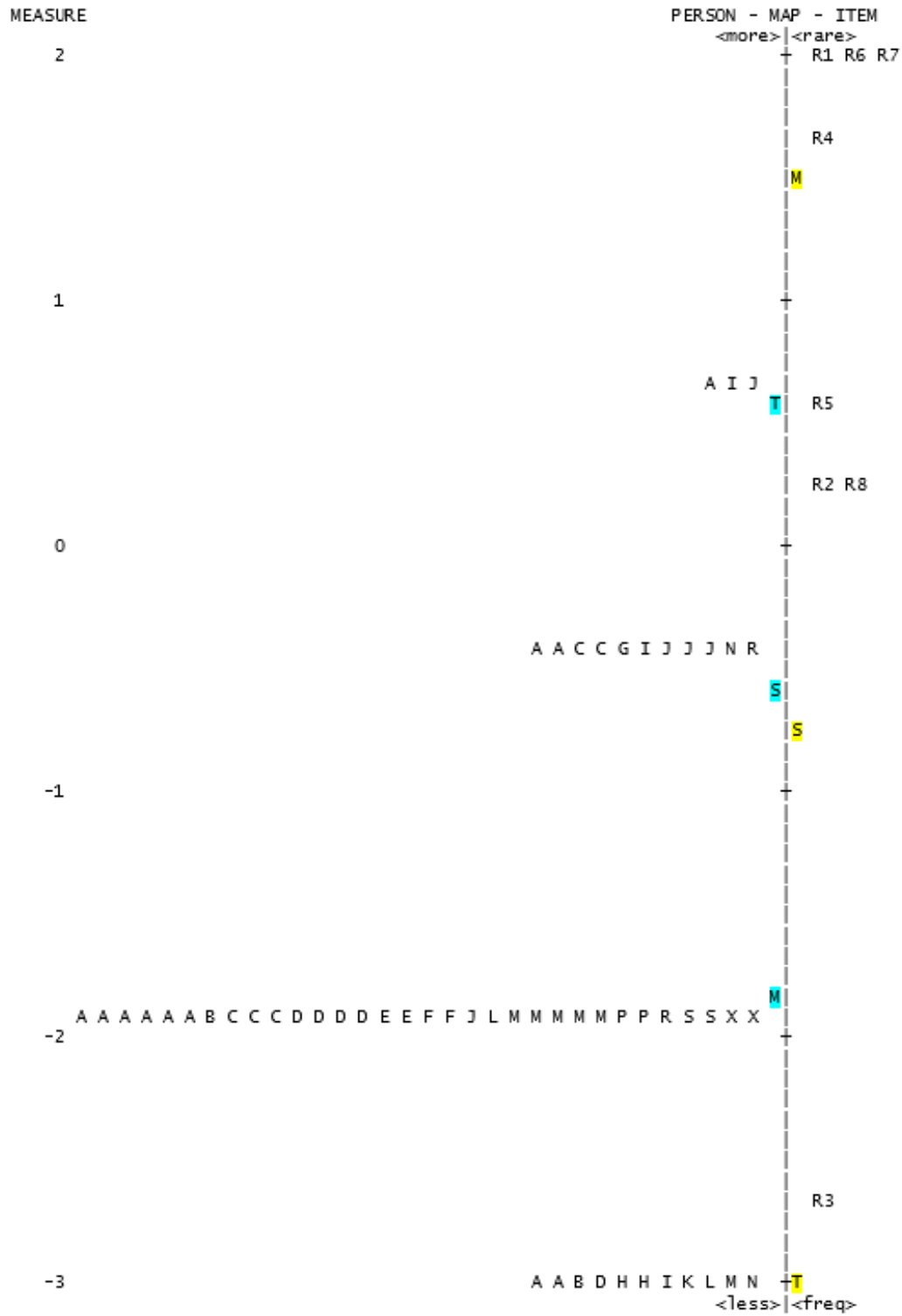
ANEXO II

Mapa Wright de Química General I (Tabla 30)

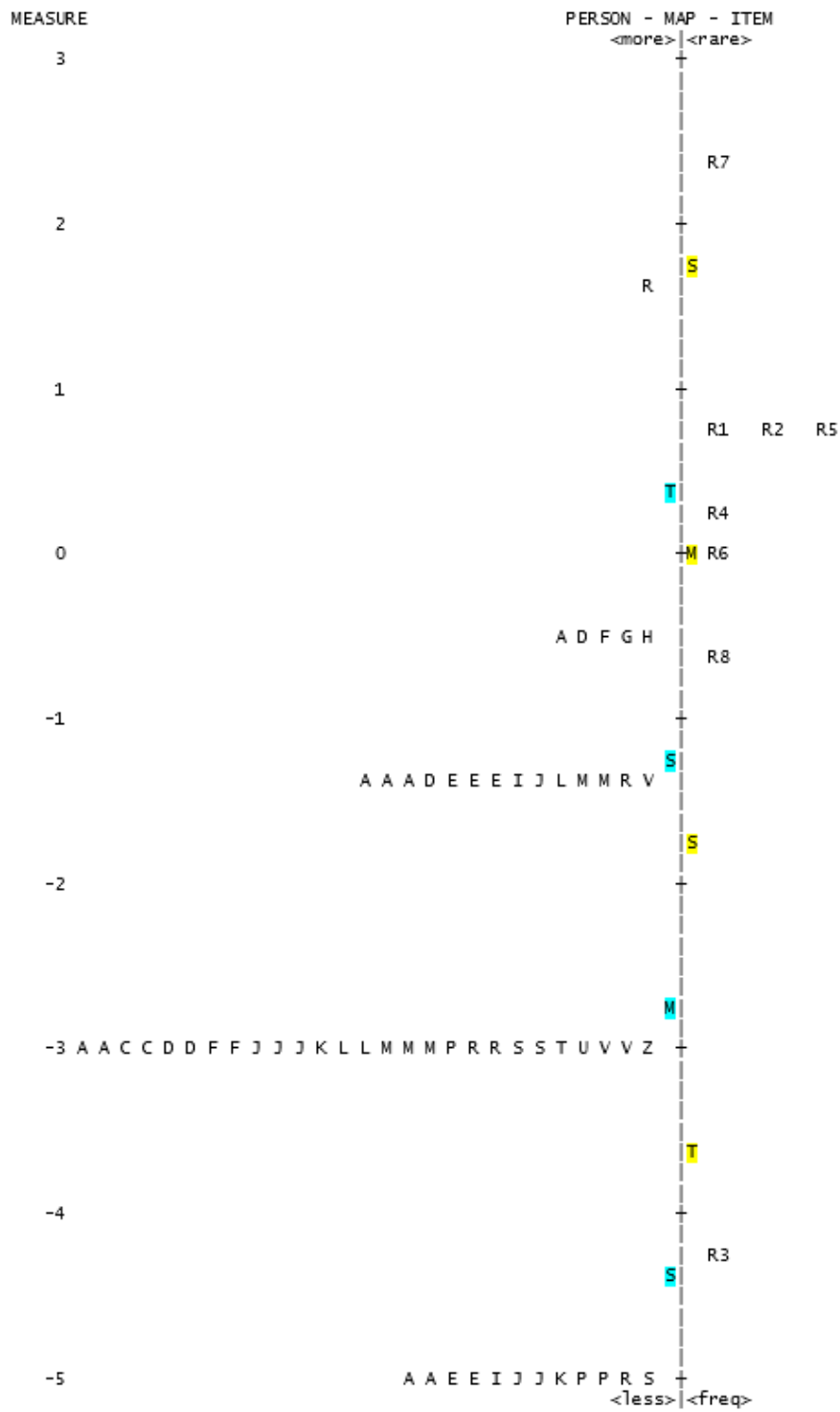


Mapas Wright de Física 2 (Tablas 31 y 32)

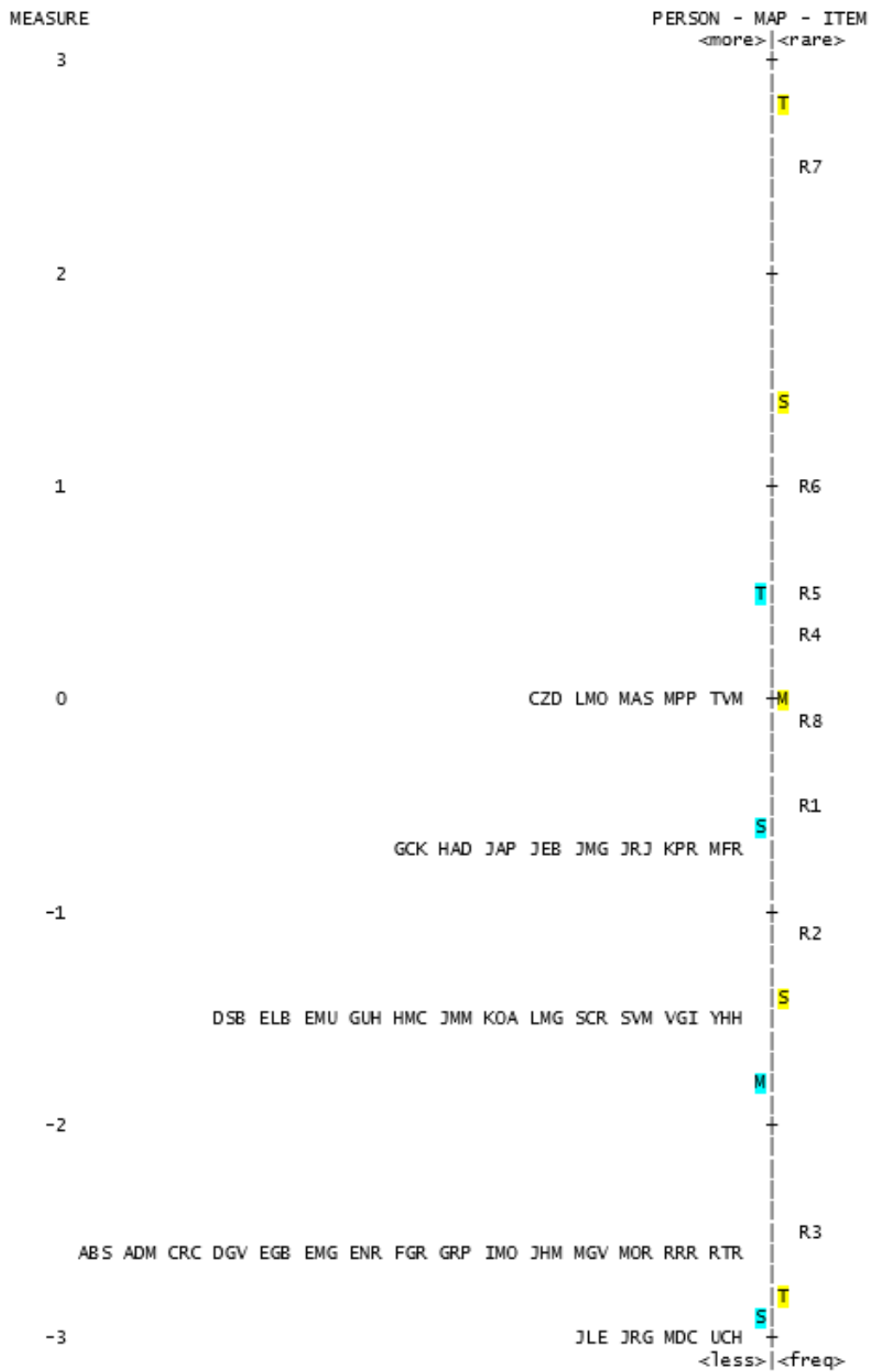
Parte 1 (Tabla 31)



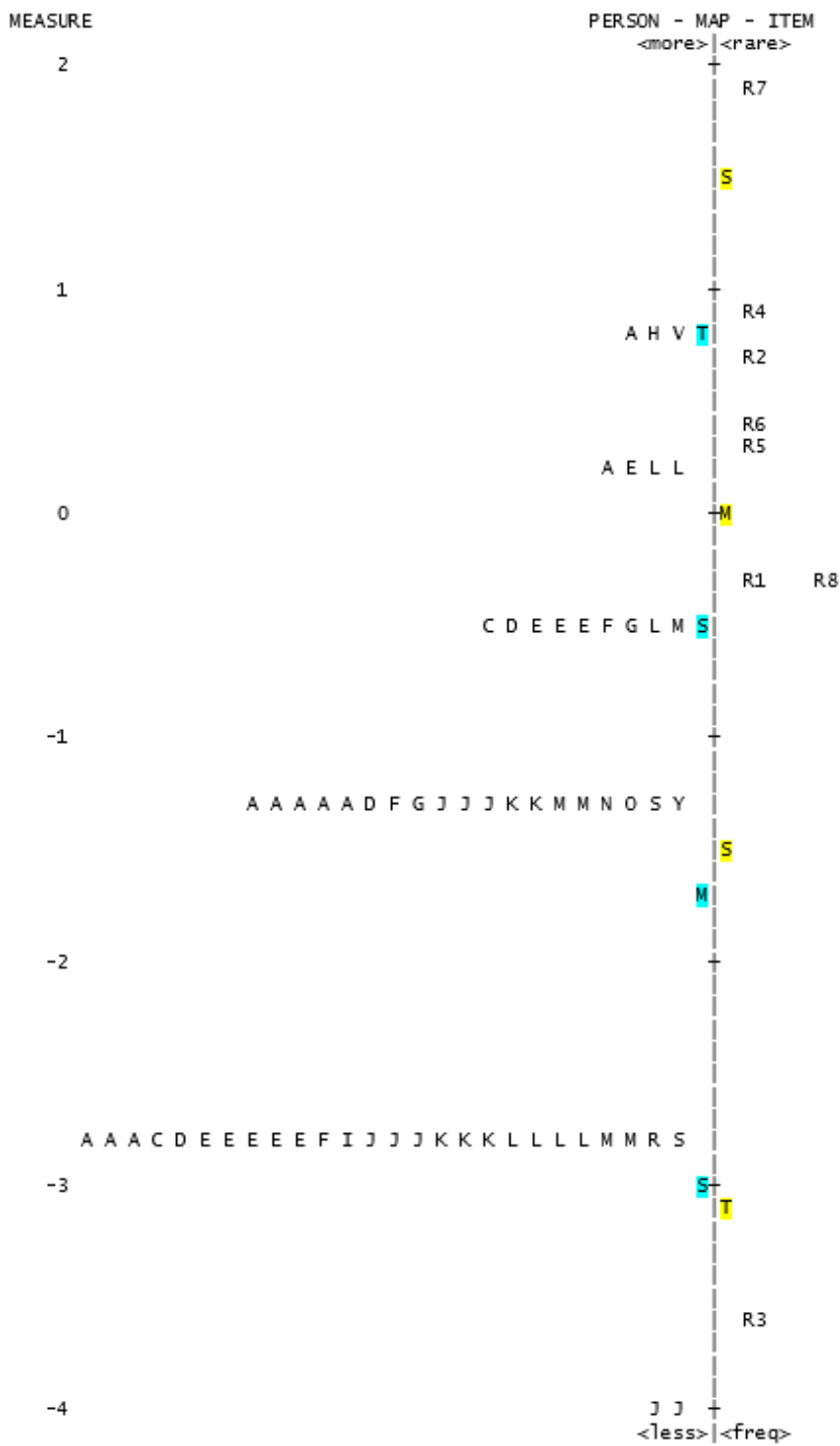
Parte 2 (Tabla 32)



Mapa Wright de Química Analítica I (Tabla 33)



Mapa Wright del grupo 2 de Electroquímica (Tabla 34)



Mapa Wright del grupo 5 de Electroquímica (Tabla 35)

