LOS MAPAS CONCEPTUALES COMO UNA ESTRATEGIA DE APRENDIZAJE Y EVALUACIÓN

Eduardo Lacués Apud ; María Magdalena, Pagano Nachtweyh
Universidad Católica del Uruguay, 8 de Octubre 2738(11600), Montevideo, Uruguay
elacues@ucu.edu.uy mapagano@ucu.edu.uy

Área temática: Experiencias de cátedra
Palabras clave: Aprendizaje significativo, mapas conceptuales, modalidades de evaluación alternativas.

Resumen

El presente trabajo documenta una experiencia de cátedra en la que se utilizan los mapas conceptuales con dos fines complementarios: consolidación de los aprendizajes logrados e instancia de evaluación alternativa. La actividad fue propuesta en un curso de Cálculo en varias variables para dos temas en particular en los que se considera existe una ruptura o conflicto con los conocimientos previos de los estudiantes: los temas en cuestión son el concepto de diferenciabilidad y la determinación de extremos relativos, absolutos, libres o condicionados. La experiencia fue evaluada positivamente por los alumnos quienes reconocieron dicha instancia como una oportunidad para la mejora de la comprensión de los temas involucrados. Por otra parte los estudiantes con resultados destacados en las evaluaciones tradicionales lograron buenas producciones, pero lo que es más alentador es que esto también ocurrió con algunos de los estudiantes que no estaban llegando a la aprobación del curso y esta tarea resultó decisiva para que ganaran el derecho a examen.

Introducción

El curso donde fue llevada a cabo la experiencia corresponde al segundo semestre de las carreras de Ingeniería en Electrónica, Industrial y Telecomunicaciones; la asignatura en cuestión es Análisis Matemático I y el contenido central del curso es el estudio de las funciones de varias variables, ocupándose de aspectos tales como continuidad, límites, diferenciabilidad, cálculo de extremos absolutos y relativos e integración múltiple.

Observaciones del desarrollo de la actividad en las clases de esta asignatura han llevado a pensar que existen ciertos temas en los cuales la ruptura con las ideas previas y la consecuente reacomodación de los conceptos (en el sentido de Ausubel (2001) de diferenciación progresiva y reconciliación integradora) exige a los estudiantes prestar una mayor atención a los aspectos formales de la disciplina. Específicamente en el caso del estudio de extremos relativos el estudiante debe reacomodar los conocimientos previos pues ya no le es posible utilizar la monotonía de la función para clasificarlos. El nuevo concepto incluirá a los conceptos preexistentes en la estructura cognitiva, tratándose de lo que Ausubel (2001,p 157) llama aprendizaje de orden superior.

Por este motivo se pensó en proponer a los estudiantes una tarea diferente a las usuales de evaluación del curso, que tenía dos objetivos. En primer lugar, enfrentarlos con la responsabilidad de ordenar jerárquicamente los conceptos estudiados hasta el momento en un mapa conceptual, en el cual tuvieran que establecer conexiones y jerarquías entre esas nociones dejando en evidencia la complejidad y riqueza de la temática en estudio; en segundo lugar, brindarles la posibilidad de acumular puntos extra para la aprobación o exoneración del curso, ya que si bien la tarea era voluntaria, se consideraba pertinente agregar un elemento de motivación extrínseca al aprendizaje en sí mismo, pero no por ello irrelevante, como lo es la aprobación o exoneración del curso.

Se exponen a continuación el marco teórico sobre el que se fundamenta la experiencia, la experiencia en sí misma, un análisis de las producciones de los estudiantes y algunas conclusiones obtenidas a partir del análisis de estas producciones así como el efecto que las mismas tuvieron sobre los estudiantes.

Fundamentación

Según Novak (1998), en su interpretación de la teoría de Ausubel, el aprendizaje significativo es capacitador, lo cual implica que tiene poder de transferencia, promueve la creatividad y está caracterizado principalmente por la adquisición y empleo del conocimiento. A diferencia del aprendizaje memorístico en el cual los nuevos conceptos se memorizan sin relacionarlos con los conceptos ya existentes en la estructura cognitiva y por lo tanto, no permite la elaboración de redes conceptuales, el aprendizaje significativo integra los nuevos conceptos con los conceptos ya existentes, en un proceso bidireccional que modifica la propia estructura cognitiva facilitando la conexión entre conceptos afines a través de redes jerárquicas.

Desde las estrategias de instrucción, la idea más potente presentada por Ausubel (2001) y recogida por otros investigadores es la de los *organizadores previos,* considerados como una estrategia de instrucción que permite salvar la distancia entre el conocimiento que los estudiantes poseen y el conocimiento nuevo que han de adquirir. Los organizadores previos pueden ser expositivos, cuando el material de aprendizaje es poco familiar, o comparativos, cuando se trata de un material más familiar y en este caso deben ser útiles para promover la

diferenciación progresiva (desarrollo y la ampliación de los conceptos inclusores presentes en la estructura cognitiva) y la *reconciliación integradora* (diferenciación cognitiva que ocurre cuando se observan nuevas relaciones entre los conceptos). Los organizadores previos se construyen para ofrecer conceptos, proposiciones y principios generales y más abstractos que resulten inclusores de los nuevos aprendizajes. El organizador debe formularse siempre en un nivel de conceptuación más elevado que la propia tarea de aprendizaje.

Novak y Gowin (1988) hacen uso de dos tipos de organizadores previos, que han sido desarrollados posteriormente en una gran cantidad de aplicaciones: los mapas conceptuales y los diagramas en UVE. Los mapas conceptuales pueden resultar muy útiles como instrumentos de evaluación tanto sumativa como diagnóstica, pues resultan ser una herramienta muy potente a la hora de promover la *discriminabilidad*[1] y *claridad*[2] de los aprendizajes existentes en la estructura cognitiva. De acuerdo con Moreira (2000), los mapas conceptuales permiten identificar los conceptos-clave de un cierto conocimiento, organizarlos en un diagrama con alguna jerarquía, diferenciando los conceptos inclusores, los conceptos subordinados y los específicos (ejemplos), y además relacionarlos explícitamente a través de líneas que conectan conceptos y de palabras-clave sobre tales líneas que dan significado a las relaciones.

Es por estas razones que se pensó en incluir entre las propuestas de evaluación de la asignatura la construcción de un mapa conceptual de forma tal que los alumnos pudieran explicitar las tramas conceptuales que poseían sobre los temas estudiados. Es decir, se propuso la construcción de un mapa conceptual luego de haberse presentado y trabajado el tema en clase, y por lo tanto se trató de un organizador comparativo con el fin de promover la diferenciación progresiva entre la idea de anclaje previa, por ejemplo diferenciabilidad en R y el nuevo concepto inclusor diferenciabilidad en R^n, en un caso y el concepto de extremos relativos, absolutos, libres o condicionados en el otro.

Desarrollo de la experiencia

En dos instancias previas a cada uno de los parciales de la asignatura se propuso a los estudiantes la elaboración individual o grupal de un mapa conceptual que evidenciara la comprensión obtenida en los temas específicos antes mencionados.

Antes de la primera instancia se realizó una breve presentación en clase sobre la construcción de los mapas conceptuales, se les mostraron algunos ejemplos generales y otros específicos del uso de los mapas conceptuales en Matemática. Se les sugirió el uso de algún programa (como Cmap Tools) para la construcción de sus producciones y se les proporcionó una lista de conceptos que podían ser utilizados en la construcción del mapa conceptual.

La lista de conceptos brindada en la primera oportunidad se presenta a continuación:

- f es continua en **a**.
- f es diferenciable en **a**.
- Existen las derivadas parciales de f en **a**.
- Existe la derivada respecto de algún vector **v** en **a**.
- Existe la derivada respecto de cualquier vector **v** en **a**.
- f es continua en la dirección de cualquiera de los ejes coordenados en **a**.
- f es continua en la dirección de cualquier vector en **a**.
- $f'(\mathbf{a},\mathbf{v}) = D_{\mathbf{a}}f(\mathbf{v})$
- $f'(\mathbf{a},\mathbf{v}) \neq D_{\mathbf{a}}f(\mathbf{v})$
- Todas las derivadas parciales de f existen en **a**.
- Todas las derivadas parciales de f son continuas en **a**.
- Todas las derivadas parciales de f existen en **a** y todas, excepto a lo sumo una, son continuas en **a.**

En el Anexo I se muestran dos de las producciones de los estudiantes para distinguir entre una producción en la que se logra generar conocimiento a partir del desarrollo de la tarea y otra producción en la cual los estudiantes apenas lograr transcribir los conceptos vistos a un mapa e incurren además en algunos errores conceptuales.

En la segunda ocasión solamente se les indicó sobre que conceptos debía construirse el mapa pero no se les sugirió lista alguna. Esto trajo como consecuencia producciones más engorrosas de visualizar pues algunos estudiantes no lograron distinguir entre la información y conceptos relevantes y los conceptos accesorios. En la mayoría de los casos se esforzaron en introducir toda la información con la que contaban en el mapa, lo cual complicó el armado y organización del mismo. Nuevamente dos de las producciones de los estudiantes se presentan en el Anexo II.

---

[1] Diferenciación entre el nuevo material de aprendizaje y las ideas de anclaje ya existentes en la estructura cognitiva.

[2] Con referencia a lo explícitas y carentes de ambigüedad que tales ideas de anclaje resulten para los estudiantes.

En ambos casos los estudiantes debieron ocuparse de conseguir el software libre con el cual elaborar los mapas, construir los mapas, discutirlos con sus compañeros en caso que la tarea se hubiera realizado en forma grupal y subir sus producciones como una tarea en la plataforma Moodle donde se encuentra la web asignatura de la materia, dentro de los plazos previamente estipulados. Las producciones fueron corregidas y devueltas a los estudiantes con los respectivos comentarios y calificaciones.

En la siguiente sección se analizan desde el punto de vista de los aprendizajes logrados las producciones de los estudiantes y se plantean algunas conclusiones sobre los resultados de la experiencia y las posibles mejoras en la implementación de la misma en un futuro.

Resultados obtenidos y algunas conclusiones

En el Anexo I se presentan dos mapas conceptuales relativos el tema diferenciabilidad.

El primero de ellos es un ejemplo de una producción escasamente satisfactoria. El mapa es una transcripción casi textual de los conceptos trabajados en clase, en su mínima expresión y con ciertos errores conceptuales, ya que se confunde cuales son los teoremas que se desprenden como condiciones necesaria de la diferenciabilidad de una función en un punto y aquellos que resultan ser condiciones suficientes pero no necesarias para la diferenciabilidad de una función en un punto y por lo tanto son un concepto inclusor no derivado.

La segunda producción resulta ser un trabajo altamente satisfactorio, pues además de respetar perfectamente el orden de jerarquía de los conceptos logra visualizar una relación que no había sido comentada con anterioridad en las clases, como es el hecho que si una función es derivable en un punto entonces debe ser continua en la dirección en la cual es derivable. La intención al colocar dicha sentencia en la lista de conceptos era evaluar la capacidad de los estudiantes a la hora de indagar sobre nuevas conexiones pero solo este grupo logró hacerlo.

En el caso del segundo trabajo, cuyos ejemplos se presentan en el Anexo II, se constató en general una menor calidad en las producciones de los estudiantes. Esto puede haber sido debido a la época del curso en la que fue propuesto (casi finalizando el semestre). Sin embargo, una explicación más plausible es que al no haber proporcionado una lista de enunciados, la complejidad de la tarea fue mayor que la primera.

El primer mapa de este anexo es una producción de baja calidad. Se establecen nexos casi irrelevantes (como el de la clasificación), otros que enuncian propiedades que no son correctas o no están completas (como el resultado acerca de la matriz hessiana). La organización del mapa tampoco respeta las normas, ya que algunos de los vínculos no son jerárquicos o no muestran la relación jerárquica que existe entre los conceptos relacionados.

El segundo trabajo, en cambio, es un buen producto. Separa en clases los extremos, y analiza cada uno por separado; correctamente señala la característica de las definiciones de ser condiciones necesarias y suficientes, y las relaciones jerárquicas que da son correctas, indicando si son condiciones necesarias o suficientes.

Teniendo en cuenta los resultados conseguidos, de los que los ejemplos presentados son muestras que están en los extremos de calidad de las entregas realizadas, se pueden extraer algunas conclusiones.

En primer lugar, si bien los estudiantes que consiguieron los mejores resultados en otras instancias de evaluación del curso también lograron buenos rendimientos en esta tarea, se pudo encontrar casos de estudiantes con buenos mapas conceptuales que no rindieron tan bien en los exámenes parciales. En algunos casos, la calificación lograda en esta tarea fue decisiva para que ganaran el derecho a examen. Esto muestra que la diversificación de instrumentos de evaluación es una práctica que permite una más ajustada calificación del rendimiento de los estudiantes.

En segundo término, la instancia de devolución sirvió para poder indicar no sólo los errores detectados, sino también los aciertos; la puesta en común de las correcciones fue un ámbito especialmente rico de aprendizaje.

En tercer lugar, el uso de este instrumento fue bien recibido por los alumnos. Al preguntarles acerca de la experiencia, no hubo cuestionamientos negativos, y muchos manifestaron creer que había mejorado su comprensión del tema al realizar la tarea.

Como otros elementos a considerar, es necesario hacer notar que la corrección de las producciones de los estudiantes significó una carga adicional al trabajo docente.

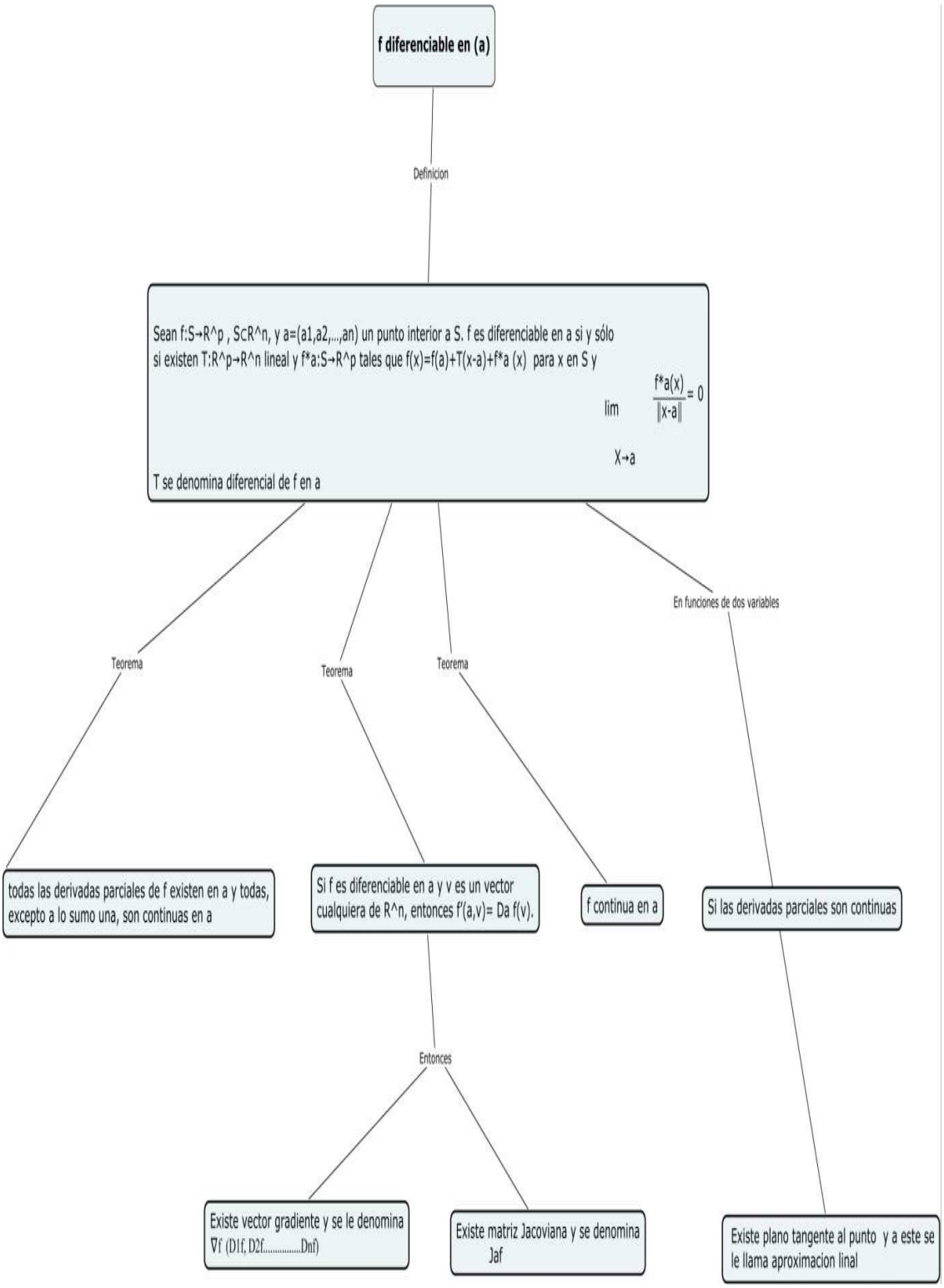
Además, esta tarea requirió tres clases (la primera para introducir los mapas conceptuales, y una por cada tarea para entregar las correcciones y discutirlas con los alumnos) Esto incidió en el desarrollo del curso, disminuyendo el tiempo disponible para el tratamiento de otros temas. Sin embargo, puede justificarse este perjuicio teniendo en cuenta no sólo el aprendizaje de contenidos matemáticos conseguido, sino sobre todo la adquisición, por parte de los estudiantes de un instrumento de aprendizaje que por su generalidad es fácilmente transferible a otras disciplinas. Si se tiene por meta estimular a nuestros estudiantes para que se conviertan en aprendices autónomos, éste aspecto es el de mayor relevancia.

Referencias Bibliográficas:

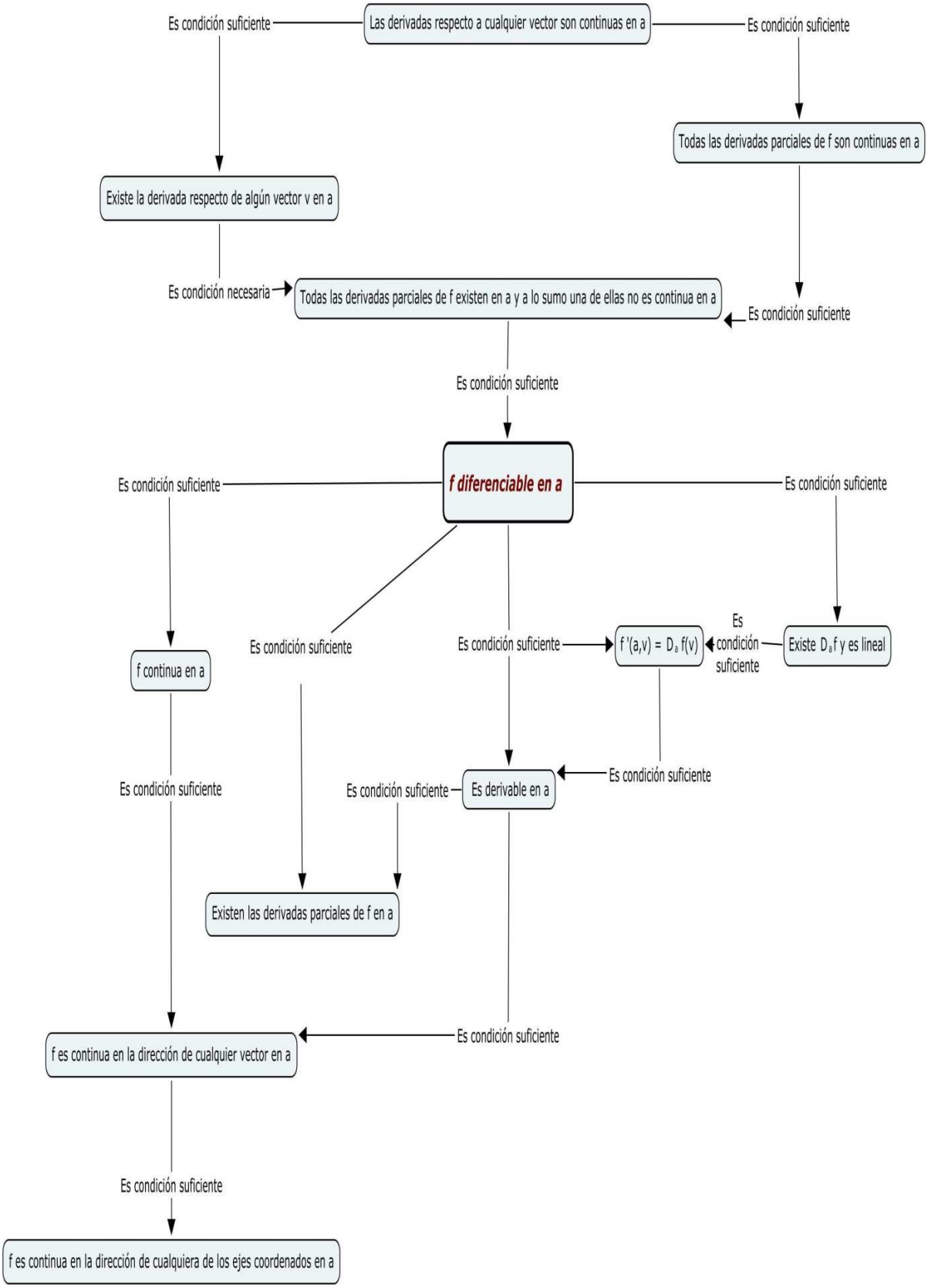
[1]Ausubel, D.; A*dquisición y retención del conocimiento.* Madrid, Paidós; España; 2001.
[2] Moreira, Marco A.; *Aprendizaje significativo:teoría y práctica.* Madrid, Aprendizaje Visor; España; 2000.
[3] Novak, J.; *Conocimiento y aprendizaje.* Madrid, Alianza; España; 1998.
[4]Novak, J; Gowin,D.; *Aprendiendo a aprender.* Barcelona, Martínez Roca; España; 1988.

Anexo I

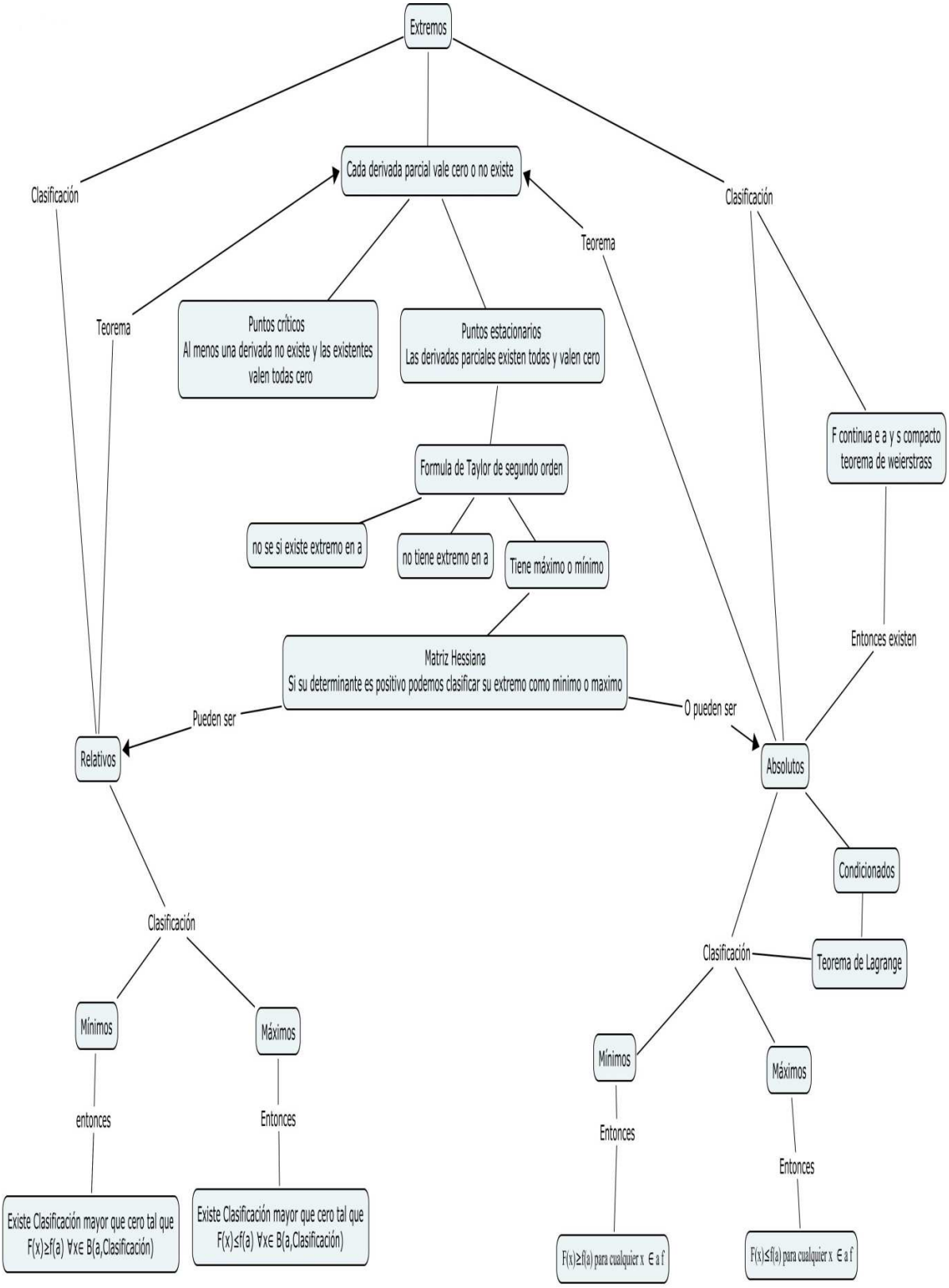
Caso 1:



Caso 2:


Las derivadas respecto a cualquier vector son continuas en a
Es condición suficiente
Es condición suficiente
Todas las derivadas parciales de f son continuas en a
Existe la derivada respecto de algún vector v en a
Es condición necesaria
Todas las derivadas parciales de f existen en a y a lo sumo una de ellas no es continua en a
Es condición suficiente
Es condición suficiente
f diferenciable en a
Es condición suficiente
Es condición suficiente
f continua en a
Es condición suficiente
Es condición suficiente
f '(a,v) = D a f(v)
Es condición suficiente
Existe D a f y es lineal
Es condición suficiente
Es condición suficiente
Es derivable en a
Es condición suficiente
Existen las derivadas parciales de f en a
Es condición suficiente
f es continua en la dirección de cualquier vector en a
Es condición suficiente
f es continua en la dirección de cualquiera de los ejes coordenados en a

Anexo II
Caso 1:



Caso 2:

EXTREMOS

$f: S \to R \quad S \subseteq R^n$

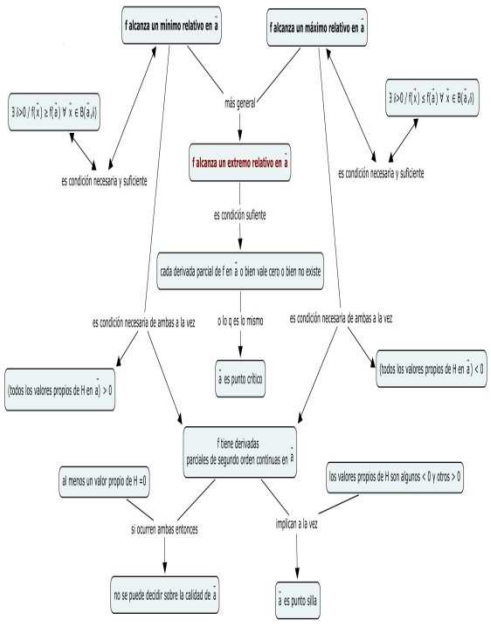
$g: S \to R$

$H_f(\vec{a}) = D_2 f(\vec{a})$

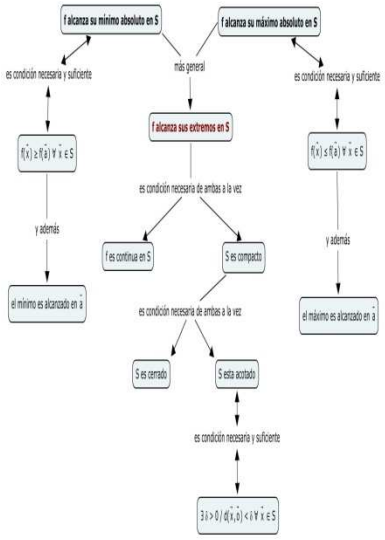
$C = \{\vec{x} / g_1(\vec{x}) = g_2(\vec{x}) = \ldots = g_{n-1}(\vec{x}) = 0$ (para los g_i dados)$\}$

LIBRES

RELATIVOS

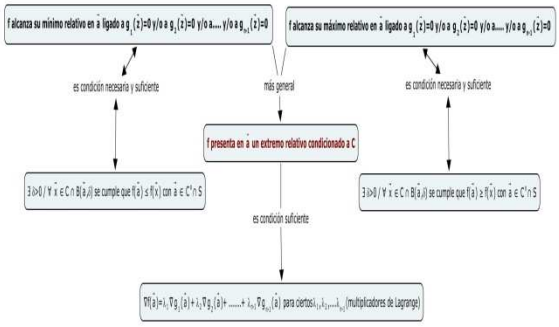
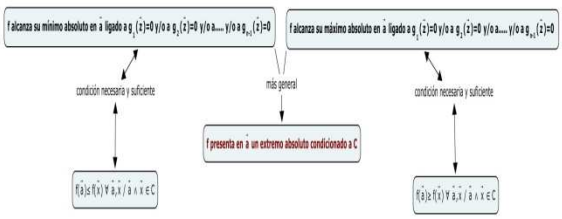


ABSOLUTOS



CONDICIONADOS

RELATIVOS



ABSOLUTOS