

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA**  
**“JUAN MISAEL SARACHO”**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**OBTENCIÓN EXPERIMENTAL DE CARBÓN ACTIVADO, A  
PARTIR DE CÁSCARA DE MANÍ, VARIEDAD MANÍ BAYO  
(*Arachis hypogaea L.*), CULTIVADA EN LA PROVINCIA GRAN  
CHACO (DEPARTAMENTO DE TARIJA)**

**Por:**

**JHONNY MORA VARGAS**

**Modalidad de graduación (Proyecto de Grado: Investigación aplicada)  
presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN  
MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de  
Licenciatura en Ingeniería Química.**

**Octubre de 2024**

**TARIJA-BOLIVIA**

V°B°

---

M.Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez

DECANO FACULTAD DE CIENCIAS  
Y TECNOLOGÍA

---

M.Sc. Lic. Gustavo Succi Aguirre

VICEDECANO FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

---

ING. LUIS FERNANDO ZENTENO BENITEZ

---

ING. HUGO FRANCO SÁNCHEZ

---

ING. WALTER RODOLFO ZENTENO CRUZ

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

**Dedicatoria:**

El presente proyecto está dedicado primeramente a Dios por darme la fuerza necesaria para lograr este objetivo.

A mis padres Dionicio Mora Aguilar y Alcira Vargas Vidaurre por haberme forjado como la persona que soy y darme su apoyo incondicional, para que pueda lograr una de mis metas más en vida.

A mis hermanas por su constante apoyo y motivación.

A mis amigos y compañeros que fueron parte de mi formación.

**Agradecimientos:**

Agradezco a Dios por su amor, su gracia infinita y darme sabiduría para mejorar día a día y cumplir mis objetivos y metas como este presente proyecto.

A mis padres que son el pilar y mi inspiración, que me enseñaron a ser humilde, valorar todo lo que tengo y apoyarme a concluir mis estudios.

Agradezco a la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho por haberme permitido formarme profesionalmente. A mis docentes por compartir sus conocimientos y por su paciencia.

“El éxito no es un accidente, es trabajo duro, perseverancia, aprendizaje, estudio, sacrificio y sobre todo, amar lo que estás haciendo.”

Pelé

## ÍNDICE

Advertencia.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Pensamiento.....	iv
Resumen.....	v

## INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES .....	1
Generalidades .....	1
Aplicaciones del carbón activado .....	3
Mercado.....	5
Mercado consumidor .....	5
Mercado competidor .....	7
MATERIA PRIMA.....	9
OBJETIVOS.....	10
Objetivo general.....	10
Objetivos específicos.....	10
JUSTIFICACIÓN.....	10
Justificación Tecnológica .....	10
Justificación Económica.....	11
Justificación Social.....	11
Justificación Ambiental.....	11

**CAPÍTULO I**  
**MARCO TEÓRICO**

1. MARCO TEÓRICO .....	13
1.1. Carbón Activado .....	13
1.1.1. Carbón activado a partir de residuos agroindustriales .....	14
1.2. Propiedades del Carbón Activado .....	15
1.2.1. Los centros activos o zonas de activación.....	16
1.2.2. La porosidad .....	16
1.2.3. Superficie específica .....	17
1.3. Composición Química y Física del Carbón Activado .....	17
1.3.1. Composición química.....	17
1.3.2. Composición física .....	17
1.3.2.1. Tamaño de poros .....	17
1.3.2.1.1. Clasificación de los poros .....	18
1.4. Tipos de Carbones Activados.....	19
1.4.1. Carbón activado granular .....	19
1.4.2. Carbón activado en polvo.....	19
1.4.3. Carbón activado extruido o peletizado .....	20
1.5. Métodos de Activación.....	21
1.5.1. Activación física.....	21
1.5.2. Activación química .....	23
1.5.2.1. Activación química con $ZnCl_2$ .....	25
1.5.2.2. Activación química con $H_3PO_4$ .....	26



1.5.3. Ventajas y desventajas de los métodos de activación .....	27
1.5.4. Importancia de la química superficial de los carbones .....	28
1.6. Adsorción .....	30
1.6.1. Mecanismo de adsorción.....	31
1.6.2. Tipos de adsorción .....	32
1.6.2.1. Adsorción física o fisisorción.....	32
1.6.2.2. Adsorción química o quimisorción .....	33
1.6.3. Factores que influyen la adsorción del carbón activado .....	33
1.7. Especificaciones de Calidad del Carbón Activado .....	34
1.7.1. Descripción de las especificaciones de calidad del carbón activado .....	36
1.7.1.1. Índice de yodo .....	36
1.7.1.2. Índice azul de metileno .....	36
1.7.1.3. Índice de melaza .....	37
1.7.1.4. Densidad aparente .....	38
1.7.1.5. Tamaño de partículas .....	39
1.7.1.6. Dureza .....	39
1.7.1.7. Contenido de ceniza .....	39
1.8. Generalidades del Maní.....	40
1.9. El maní en Bolivia .....	42
1.9.1. Variedades de maní en Bolivia.....	43
1.9.1.1. Maní Overo .....	43
1.9.1.2. Maní Bayo .....	43
1.9.1.3. Maní Colrado.....	43

1.9.1.4. Maní Cartucho .....	44
1.10. Cáscara de Maní.....	44
1.10.1. Limitaciones de cáscara de maní.....	45
1.10.2. Composición química de la cáscara de maní .....	45

## **CAPÍTULO II**

### **PARTE EXPERIMENTAL**

2. PARTE EXPERIMENTAL.....	47
2.1. Materia prima para la obtención de carbón activado .....	47
2.2. Selección del Método Tecnológico Industrial para la Obtención Experimental de Carbón Activado de la Cáscara de Maní.....	48
2.3. Diseño Experimental .....	52
2.3.1. Variables dependientes.....	52
2.3.2. Variables independientes.....	52
2.4. Diseño Factorial .....	53
2.5. Descripción del Método Experimental Seleccionado para la Obtención de Carbón Activado Granular de Cáscara de Maní .....	57
2.5.1. Recolección de materia prima .....	59
2.5.2. Selección de la materia prima .....	59
2.5.3. Caracterización de la materia prima .....	60
2.5.3.1. Determinación del porcentaje humedad de la cáscara de maní.....	60
2.5.3.2. Determinación de cenizas de la cáscara de maní .....	62
2.5.3.3. Determinación de material volátil de la cáscara maní.....	64
2.5.3.4. Determinación de carbón fijo .....	65

2.5.4. Procedimiento para la obtención de carbón activado granular a partir de cáscara de maní variedad maní bayo ( <i>Arachis hypogaea L.</i> ).....	66
2.5.4.1. Secado de la cáscara de maní.....	66
2.5.4.2. Molienda y tamizado de la cáscara de maní.....	67
2.5.4.3. Impregnación.....	70
2.5.4.4. Carbonización y activación .....	72
2.5.4.5. Lavado .....	74
2.5.4.6. Secado .....	76
2.6. Caracterización del Producto Obtenido.....	78
2.6.1. Determinación del índice de yodo.....	78
2.6.2. Determinación del índice de azul de metileno .....	82
2.6.2.1. Determinación de la curva de calibración de la solución de azul de metileno .....	82
2.6.2.2. Decoloración de la solución de azul de metileno para determinar el porcentaje de remoción .....	83

### **CAPÍTULO III**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	86
3.1. Resultado de la Caracterización de la Cáscara de Maní.....	86
3.1.1. Resultados de la determinación del porcentaje humedad de la cáscara de maní .....	86
3.1.2. Caracterización de la materia prima en base seca .....	87
3.1.3. Resultado del análisis microbiológico de la cáscara de maní .....	88

3.2. Resultados de las Determinaciones del Índice de Yodo, Área Superficial en Función del Índice de Yodo y Índice de Azul de Metileno del Carbón Activado Obtenido de la Cáscara de Maní .....	89
3.2.1. Resultados de la determinación de índice de yodo .....	89
3.2.1.1. Ecuaciones utilizadas para el cálculo del índice de yodo .....	89
3.2.1.2. Resultados de análisis del índice de yodo .....	90
3.2.2. Resultados del área superficial en función al índice de yodo .....	95
3.2.3. Resultados de la determinación del índice de azul de metileno .....	97
3.2.3.1. Curva de calibración de la solución de azul de metileno .....	97
3.2.3.2. Ecuaciones utilizadas para el cálculo del índice de azul de metileno ....	99
3.2.3.3. Resultados de análisis del índice de azul de metileno.....	100
3.3. Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico del carbón activado obtenido de la cáscara de maní.....	106
3.4. Balance de Materia y Energía .....	106
3.4.1. Balance de materia .....	106
3.4.1.1. Balance de materia por etapa .....	111
3.4.1.1.1. Balance de materia en la etapa de selección de la materia prima .	111
3.4.1.1.2. Balance de materia en la etapa de secado de la materia prima .....	112
3.4.1.1.3. Balance de materia en la etapa de molienda .....	113
3.4.1.1.4. Balance de materia en la etapa de tamizado.....	114
3.4.1.1.5. Balance de materia en la etapa de impregnación .....	116
3.4.1.1.6. Balance de materia en la etapa de filtración.....	117
3.4.1.1.7. Balance de materia en la etapa de activación .....	118
3.4.1.1.8. Balance de materia en la etapa de lavado y secado .....	120

3.4.2. Balance de energía .....	121
3.4.2.1. Balance de energía en la etapa de secado de la materia prima.....	121
3.4.2.2. Balance de energía en la etapa de molienda.....	122
3.4.2.3. Balance de energía en la etapa de tamizado .....	123
3.4.2.4. Balance de energía en la etapa filtración.....	124
3.4.2.5. Balance de energía en la etapa de activación .....	125
3.4.2.6. Balance de energía en la etapa de secado del carbón activado .....	126
3.5. Determinación del Rendimiento del Proceso .....	126
3.6. Análisis Estadístico del Diseño Factorial.....	129
3.6.1. Análisis estadístico de la variable respuesta área superficial en función al índice de yodo .....	129
3.6.2. Análisis estadístico de la variable respuesta % de remoción del azul de metileno .....	136
3.7. Comparación de la Mejor Muestra de Carbón Activado Obtenido con uno Comercial .....	143
3.8. Prueba de aplicación del carbón activado obtenido de la cáscara de maní .....	144

## **CAPÍTULO IV**

### **COSTOS DEL PROYECTO**

4. COSTOS DEL PROYECTO.....	147
4.1. Evaluación de Costos .....	147
4.2. Costos de elaboración del carbón activado de cáscara de maní.....	152

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	154
---	-----

5.1. Conclusiones ..... 154

5.2. Recomendaciones ..... 156

## **BIBLIOGRAFÍA**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 158

## ÍNDICE DE CUADROS Y/O TABLAS

Cuadro 1. Aplicaciones del carbón activado .....	4
Cuadro 2. Principales consumidores de carbón activado en Bolivia .....	6
Cuadro 3. Importadores de Carbón activado .....	7
Cuadro 4. Importaciones de carbón activado en Bolivia .....	8
Cuadro I-1. Usos del carbón activado obtenido a partir de residuos agroindustriales ..	15
Cuadro I-2. Ventajas y desventajas de los métodos de activación .....	28
Cuadro I-3. Principales parámetros del carbón activado.....	35
Cuadro I-4. Taxonomía del maní .....	41
Cuadro I-5. Composición química de la cascara de maní .....	46
Cuadro II-1. Factores a evaluar .....	49
Tabla I-1. Producción por año de maní en Bolivia .....	43
Tabla I-2. Producción por año de maní en Tarija .....	43
Tabla II-1. Escala de calificación .....	48
Tabla II-2. Selección del método experimental para la obtención de carbón activado de cáscara de maní .....	50
Tabla II-3. Selección del reactivo activante para la obtención experimental de carbón activado de cáscara de maní .....	51
Tabla II-4. Variables y niveles .....	54
Tabla II-5. Matriz de experimentos y plan de experimentos .....	55
Tabla II-6. Codificación de los experimentos de obtención de carbón activado .....	56
Tabla III-1. Determinación del porcentaje humedad de la cáscara de maní .....	86
Tabla III-2. Comparación del porcentaje de humedad .....	87
Tabla III-3. Análisis de la caracterización de la materia prima en base seca .....	87

Tabla III-4. Comparación del porcentaje de cenizas .....	88
Tabla III-5. Resultados del cálculo del índice de yodo réplica 1 .....	92
Tabla III-6. Resultados del cálculo del índice de yodo réplica 2 .....	93
Tabla III-7. Resultados promedio del índice de yodo .....	94
Tabla III-8. Área superficial del carbón activado réplica 1 .....	95
Tabla III-9. Área superficial del carbón activado réplica 2 .....	96
Tabla III-10. Promedio área superficial .....	96
Tabla III-11. Lecturas de absorbancia para la curva patrón .....	98
Tabla III-12. Resultados del cálculo de la masa adsorbida y % de remoción del azul de metileno, réplica 1 .....	102
Tabla III-13. Resultados del cálculo de la masa adsorbida y % de remoción del azul de metileno, réplica 2 .....	103
Tabla III-14. Resultados promedio de la masa adsorbida del azul de metileno .....	104
Tabla III-15. Resultados promedio del porcentaje de remoción del azul de metileno.	105
Tabla III-16. Corrientes del balance de materia para cada experimento y réplica .....	107
Tabla III-17. Corrientes del balance de materia para cada experimento y réplica ...	108
Tabla III-18. Rendimiento en masa de cada experimentos y réplicas del carbón activado obtenido a partir de la cascara de maní .....	128
Tabla III-19. Datos para el cálculo del Área superficial .....	130
Tabla III-20. Pruebas de efectos inter-sujetos para el Área superficial .....	131
Tabla III-21. Ajustes de datos para el modelo lineal general .....	132
Tabla III-22. ANOVA para el Área superficial .....	132
Tabla III-23. Coeficientes del modelo de regresión lineal para el Área superficial ....	133



Tabla III-24. Comparación del área superficial observado y el área superficial del modelo .....	135
Tabla III-25. Datos para el cálculo del análisis de varianza del % de Remoción del azul de metileno .....	137
Tabla III-26. Pruebas de efectos inter-sujetos para el % de Remoción del azul de metileno .....	138
Tabla III-27. Ajustes de datos para el modelo lineal general .....	139
Tabla III-28. ANOVA para el % de Remoción del azul de metileno .....	139
Tabla III-29. Coeficientes del modelo de regresión lineal para el % de Remoción del azul de metileno .....	140
Tabla III-30. Comparación del % de remoción del azul de metileno observado y el % de remoción del azul de metileno del modelo .....	142
Tabla III-31. Comparación entre carbones activados .....	143
Tabla III-32. Resultados de la prueba de aplicación .....	146
Tabla IV-1. Detalle de costos de reactivos utilizados en la parte experimental y análisis del proceso de obtención de carbón activado a partir de la cascara de maní .....	147
Tabla IV-2. Detalle de costos de materiales adquiridos para realizar la parte experimental del proceso de obtención de carbón activado a partir de la cascara de maní.....	148
Tabla IV-3. Detalle de los costos de análisis fisicoquímicos .....	149
Tabla IV-4. Detalle de los costos de análisis microbiológicos .....	150
Tabla IV-5. Detalle de costos de servicios y materiales directos e indirectos .....	150
Tabla IV-6. Detalle de costos energéticos .....	151
Tabla IV-7. Detalle de costos totales .....	151

Tabla IV-8. Detalle de costo de elaboración de 1 kg de carbón activado .....	152
Tabla IV-9. Precios del carbón activado .....	153
Tabla V-1. Caracterización de la cáscara de maní en base seca .....	154
Tabla V-2. Características del carbón activado obtenido de mejor calidad .....	155

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Carbón activado en forma de placas graníticas .....	14
Figura 1-2. Gránulo de carbón activado .....	18
Figura 1-3. Carbón activado granular .....	19
Figura 1-4. Carbón activado en polvo .....	19
Figura 1-5. Carbón activado extruido .....	20
Figura 1-6. Diagrama de activación física del carbón activado .....	23
Figura 1-7. Diagrama de activación química del carbón activado .....	25
Figura 1-8. Esquema de la macromolécula de la celulosa .....	26
Figura 1-9. Esquema de la macromolécula de la hemicelulosa .....	26
Figura 1-10. Esquema de la macromolécula la lignina .....	27
Figura 1-11. Algunos grupos funcionales en el carbón activado .....	30
Figura 1-12. Esquema de la adsorción .....	31
Figura 1-13. Representación esquemática de la adsorción física .....	33
Figura 1-14. Principales variedades de maní en Bolivia .....	44
Figura 2-1. Maní bayo .....	47
Figura 2-2. Diagrama de bloques del método de activación química a emplear para la obtención experimental de carbón activado granular de cáscara de maní .....	58
Figura 2-3. Cáscara de maní .....	59
Figura 2-4. Selección de la cascara de maní .....	60
Figura 2-5. Secador de infrarrojos .....	61
Figura 2-6. Determinación de cenizas .....	63
Figura 2-7. Determinación del material volátil .....	64
Figura 2-8. Secado de la cáscara de maní .....	66

Figura 2-9. Molienda de la cáscara de maní con el molino de discos y molino de martillos .....	67
Figura 2-10. Recolección de molienda finalizada .....	68
Figura 2-11. Tamizado .....	69
Figura 2-12. Cáscara de maní molida malla 1mm .....	70
Figura 2-13. Impregnación .....	71
Figura 2-14. Filtración al vacío del exceso de agente activante .....	72
Figura 2-15. Carbonización y activación en la mufla .....	72
Figura 2-16. Carbón activado obtenido .....	74
Figura 2-17. Lavado de carbón activado .....	75
Figura 2-18. pH del lavado del carbón activado .....	76
Figura 2-19. Secado de carbón activado .....	77
Figura 2-20. Ebullición del HCl con el carbón activado .....	79
Figura 2-21. Decoloración del amarillo rojizo intenso .....	80
Figura 2-22. Tonalidad de color azul .....	81
Figura 2-23. Titulación .....	81
Figura 2-24. Soluciones preparadas para la curva de calibración .....	82
Figura 2-25. Espectrofotómetro .....	83
Figura 2-26. Muestra de azul de metileno con el carbón activado .....	84
Figura 2-27. Filtrado .....	85
Figura 2-28. Medición de la absorbancia .....	85
Figura 3-1. Curva de calibración .....	98
Figura 3-2. Diagrama de flujo del balance de materia general para la obtención experimental de carbón activado granular de cáscara de maní .....	110

Figura 3-3. Diagrama de flujo en la etapa de selección de la materia prima .....	111
Figura 3-4. Diagrama de flujo en la etapa de secado de la materia prima .....	112
Figura 3-5. Diagrama de flujo en la etapa de molienda .....	113
Figura 3-6. Diagrama de flujo en la etapa de tamizado .....	115
Figura 3-7. Diagrama de flujo en la etapa de impregnación de la cascara de maní ....	116
Figura 3-8. Diagrama de flujo en la etapa de filtración de la cáscara de maní impregnada.....	117
Figura 3-9. Diagrama de flujo en la etapa de activación de la cáscara de maní .....	119
Figura 3-10. Diagrama de flujo en la etapa de lavado y secado del carbón activado de cáscara de maní .....	120
Figura 3-11. Modelo lineal .....	134
Figura 3-12. Comparación gráfica del área superficial observado y el área superficial del modelo .....	136
Figura 3-13. Modelo lineal .....	141
Figura 3-14. Comparación gráfica del % de remoción del azul de metileno observado y el % de remoción del azul de metileno del modelo .....	143
Figura 3-15. Filtración del agua clorada .....	145

## ANEXOS

Anexo 1: Especificación de equipos y materiales utilizados en la parte experimental.....	170
Anexo 2: Método de prueba estándar para la determinación del contenido de ceniza de la cáscara de maní, con la que se guio mediante la norma ASTM D 3174 – 04 .....	176
Anexo 3: Metodo de prueba estandar para la determinación de índice de yodo del carbón activado (ASTM D 4607-14).....	180
Anexo 4: (NORMA NTE INEN 1988, 2013), productos químicos industriales. Carbón activado para uso industrial. Determinación del número de yodo .....	184
Anexo 5: Determinación del índice de yodo .....	187
Anexo 6: Tabla de factor de corrección para el número de yodo .....	189
Anexo 7: Determinación de índice de azul de metileno .....	190
Anexo 8: Resultados del CEANID de contenido de cenizas y humedad de la cáscara de maní .....	191
Anexo 9: Resultados del CEANID de coliformes totales de la cáscara de maní .....	192
Anexo 10: Resultados del CEANID de contenido de cenizas y coliformes totales del carbón activado obtenido .....	193
Anexo 11: Resultados del CEANID del cloro residual antes de la filtración y después de la filtración con carbón activado .....	194
Anexo 12: pH de los lavados del carbón activado de cáscara de maní .....	196
Anexo 13: Fotografías de obtención de carbón activado .....	197

## SIGLAS Y/O ABREVIACIONES

a.C. = Antes de Cristo.

ADM SAO = Archer Daniels Midland Company (ADM). Sociedad Aceitera del Oriente.

ANSI = American National Standards Institute (Instituto Nacional Estadounidense de Normalización).

ASTM = American Society for Testing and Materials (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales).

AWWA = American Water Works Association (Asociación Americana de Obras Hidráulicas).

Bs = Bolivianos.

CBN = Cervecería Boliviana Nacional.

CEANID = Centro de Análisis Investigación y Desarrollo.

CEVITA = Centro Vitivinícola Tarija.

COSAALT = Cooperativa de Servicio de Agua y Alcantarillado de Tarija.

DIN = Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán para la Normalización).

DQO = Demanda Química de Oxígeno.

Etc. = Etcétera.

IABSA = Industrias Agrícolas de Bermejo Sociedad Anónima.

IBCE = Instituto Boliviano de Comercio Exterior.

ICRISAT = International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para los Trópicos Semiáridos).

ISO = International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización o Estandarización).

ITC = International Trade Centre (Centro de Comercio Internacional).

IUPAC = Unión Internacional de Química Pura y Aplicada.

LOU = Laboratorio de Operaciones Unitarias.

NB = Norma Boliviana.

NMP = Número Más Probable.

NTE INEN = Normas Tecnológicas de la Edificación - Instituto Ecuatoriano de Normalización.

PIL = Planta Industrializadora de Leche.

Pza = Pieza.

S.A. = Sociedad Anónima.

UAJMS = Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

UFC = Unidades Formadoras de Colonias.

USD = Dólar estadounidense.

YPFB = Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos.

N = Concentración Normal.

°C = Grado Celsius.

% = Porcentaje.

h = Hora.

min = Minuto.

Rpm = Revolución por minuto.

l = Litro.

ml = Mililitro.

cm = Centímetro.

cm<sup>3</sup> = Centímetro cúbico.

ha = Hectárea.



$m^2$  = Metro cuadrado.

$m^3$  = Metro cúbico.

mm = Milímetro.

nm = Nanómetro.

g = Gramo.

kg = Kilogramo.

mg = Miligramo.

p/v = Gramo de soluto/mililitro de solución.

kcal/mol = Kilocaloría por mol.

kW = kilovatios.

kWh = Kilovatio hora

kJ = Kilojulios.

$AlCl_3$  = Cloruro de aluminio.

C = Carbono.

Ca = Calcio.

CO = Monóxido de carbono.

CO<sub>2</sub> = Dióxido de carbono.

Fe = Hierro.

H<sub>2</sub> = Hidrógeno molecular.

H<sub>2</sub>O = Agua.

H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> = Ácido fosfórico.

HCl = Ácido clorhídrico.

K = Potasio.

$\text{KOH}$  = Hidróxido de potasio.

$\text{Mg}$  = Magnesio.

$\text{MgCl}_2$  = Cloruro de magnesio.

$\text{N}_2$  = Nitrógeno molecular.

$\text{Na}$  = Sodio.

$\text{NaOH}$  = Hidróxido de sodio.

$\text{O}_2$  = Oxígeno molecular.

$\text{ZnCl}_2$  = Cloruro de zinc.