



## Influencia del proceso de fermentación del café (*Coffea arabica*) en la durabilidad del concreto en laboratorio, Satipo – 2018

### Influence of the coffee fermentation process (*Coffea arabica*) on the durability of concrete in laboratory, Satipo - 2018

Andrés Camargo Caysahuana<sup>1</sup>, Javier Hugo Contreras Rodríguez<sup>1</sup>

E-mail: [acamargo@uncp.edu.pe](mailto:acamargo@uncp.edu.pe) / [jcontreras@uncp.edu.pe](mailto:jcontreras@uncp.edu.pe)

#### Cómo citar

Camargo Caysahuana, A. & Contreras Rodríguez, J. H. (2020). *Influencia del proceso de fermentación del café (Coffea arabica) en la durabilidad del concreto en laboratorio, Satipo – 2018*. *Prospectiva Universitaria, Revista de la UNCP*. 17(1), 31-40. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2020.17.1395>

#### Resumen

La investigación formuló el problema con la siguiente pregunta: ¿De qué manera influye el proceso de fermentación del café (*Coffea arabica*) en la durabilidad del concreto, en una finca Cafétera, Satipo, 2018? y cuyo objetivo general fue determinar la influencia del proceso de fermentación del café (*Coffea arabica*) en la durabilidad del concreto, en una finca Cafétera, Satipo - 2018. En el trabajo se utilizó cemento portland con un diseño de f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>, se construyeron probetas a los cuales se han insertados en baldes con café despulpado. Como resultados se logró la fermentación en un plazo de 7 días, el pH varió desde 3.5 hasta 4.5 en los primeros 4 días para producir 6 litros de mucílago por cada 100 kg que afecta directamente al concreto. El análisis se realizó en probetas insertados en baldes con café despulpados. De los cuales se logró evaluar el deterioro del concreto a través del tiempo en cada unidad de análisis. De los cuales se presenta la curva de acidez. Se concluye que el carbonato de calcio influye significativamente en las primeras 20 horas y la fermentación es más rápida en las primeras 22 horas. Se recomienda seguir con las investigaciones y diseñar fermentadores con losa y otros materiales que permitan prolongar la vida útil del concreto y generar más rentabilidad en la producción de café.

**Palabras clave:** fermentación del café, durabilidad del concreto, carbonato de calcio

#### Abstract

The research will formulate the problem with the following question: How does the coffee (*Coffea arabica*) fermentation process influence the durability of concrete on the durability of concrete, in a coffee farm, Satipo, 2018. And whose objective was to determine the influence of the coffee (*Coffea arabica*) fermentation process on the durability of concrete in a coffee farm, Satipo-2018. This research used Portland cement with a design of f'c 210 kg/cm<sup>2</sup>. In which, test tubes were built and inserted into buckets with pulped coffee. As a result, fermentation was reached within 7 days, the pH changed from 3.5 to 4.5 in the first 4 days to produce 6 liters of mucilage for each 100 kg that directly affects the concrete. The analysis of concrete deterioration could be evaluated on test tubes inserted in pulped coffee buckets. Deterioration of concrete over time could be evaluated in each unit of analysis. From which the acidity curve is presented. It is concluded that calcium carbonate influences significantly in the first 20 hours and fermentation is faster in the first 22 hours. It is recommended to continue with the research and to design fermenters with slab and other materials that let to extend the useful life of the concrete and generate more profitability in the coffee production.

**Keywords:** fermentation of coffee, durability of concrete, calcium carbonate

<sup>1</sup>Docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias

## Introducción

La actividad principal en la provincia de Satipo es la agricultura (el café y cacao), según la memoria anual de Satipo 2016, la tasa de crecimiento es de 3.12 % anual, con una producción de café de 15 542 Tm, en una extensión de 58 805 hectáreas hasta el año 2015, de los cuales Río Negro participa el 14.44 %. Así mismo, el cultivo de café con una producción de 7 459 Tm, en una extensión de 18 271 hectáreas hasta el 2012. (Agencia Agraria Satipo – Ministerio de Agricultura – julio 2012).

Es el producto bandera de la provincia de Satipo, el cultivo del café, siendo sembrada, cultivada y cosechada. Cuyo proceso de beneficio significa el desgrane, fermentación y secado.

Los cafeteros, para el proceso de fermentación, diseñan fermentadores de concreto armado, en las cuales depositan por un periodo de 7 a 8 días (Augstburger et al., 2000), los cuales son afectados a través del tiempo, generando deterioro al concreto.

La investigación pretende explicar la influencia del deterioro del concreto en su durabilidad con los componentes químicos del mucílago del café.

Características del café (*Coffea arábica*). Es un arbusto de 2 a 3 m de altura, que crece en ambientes tropicales y pertenece a la familia Sterculiaceae. El fruto de café es de tamaño, forma y color variable, la pared es dura y gruesa. Las semillas están rodeadas por una pulpa aromática la cual procede de sus tegumentos. La pulpa mucilaginoso está compuesta por células esponjosas parenquimatosas, que contienen células de savia ricas en azúcares (10-13 %), pentosas (2-3 %), ácido cítrico (1-2 %) y sales (8-10 %). Durante el proceso de cosecha de las semillas de café, la pulpa es removida por fermentación e hidrolizada por microorganismos.

La pulpa hidrolizada es conocida en la industria como “exudado”. Durante la fermentación la pulpa provee el sustrato para varios microorganismos que son esenciales para el desarrollo de los precursores del sabor del chocolate, los cuales son expresados completamente después, durante el proceso de tostado. Aunque la pulpa es necesaria para la fermentación, a menudo hay más pulpa de la necesaria. El exceso de pulpa, que tiene un delicioso sabor tropical, ha sido usado para hacer los siguientes productos: jalea de Café, alcohol y vinagre, nata y pulpa procesada (Mejía & Argüello, 2000).

## Materiales y métodos

### Método general

El método fundamental es el científico; según Rubin (2010), consiste en:

- Pregunta de investigación: Cuestionamiento sobre algo observado en una realidad.
- Observar: Reunir información mediante la observación del fenómeno de manera sistemática.
- Definir hipótesis: presuposición razonada sobre un fenómeno.
- Experimentación: Puede comprobarse las hipótesis por experimentación.
- Análisis de datos: Explicación de los datos en correspondencia a las hipótesis y objetivos de la investigación.
- Interpretar: Conclusiones que se forman sobre la base del análisis de los fenómenos.
- Publicar resultados: La difusión de los resultados es fundamental para el método científico.
- Diseño de investigación.

Según Hernández et al. (2006), el diseño de la investigación es experimental, porque los diseños experimentales se utilizan cuando el investigador pretende establecer el posible efecto de una causa que se manipula.

En la presente investigación se realizará ensayos de laboratorio y trabajos en gabinete, para así poder obtener datos y realizar su procesamiento respectivo.

### Simbología de los experimentales

Según Hernández et al. (2014), la simbología utilizada es como sigue:

- R: Asignación al azar o aleatoria. Cuando aparece quiere decir que los sujetos han sido asignados a un grupo de manera aleatoria.
- G: Grupo de sujetos o caso (grupo 1, grupo 2, etc).
- X: Tratamiento, estímulo o condición experimental (presencia de algún nivel o modalidad de la variable independiente)
- O: Una medición de los sujetos de un grupo (prueba, cuestionario, observación, etc.) si aparece antes del estímulo o tratamiento, se trata de una preprueba (previamente al tratamiento). Si aparece después del estímulo se trata de una posprueba (posterior al tratamiento). Ausencia de estímulo (nivel “cero”) en variable independiente. Indica que se trata de un grupo control o testigo.

RG <sub>1</sub>	X	O <sub>1</sub>
RG <sub>2</sub>	-	O <sub>2</sub>

Se tendrá dos grupos, uno de los grupos (probetas): al grupo G1 se insertará a la fermentación del café para verificar la alteración de la durabilidad del concreto a través del efecto del mucílago del café. Al grupo control, que fue el G2, no se rea-

liza ningún tratamiento, por lo que fue sumergido en agua destilada.

A esta prueba, se realizó la observación por un periodo de 6 meses, haciendo un ciclo cada 15 días. Hay que tomar en cuenta que el ciclo de fermentación del café es de 7 a 8 días. La búsqueda de café fresco fue en un total de 7 días, completando el ciclo por 15 días.

Al día 15, se realizó la citación para verificar el aroma del café seco y tostado.

## Población y muestra

### Población

El café, en el distrito de Satipo, presenta una extensión de 1097 ha, sembradas, 687 ha cosechadas con una producción de 461 toneladas métricas de este producto. Satipo, es el 5to productor de Café a nivel de la provincia. (Cosavalente, 2017), por lo cual se tienen fermentadores de café por agricultor. Haciendo un total de los 362 productores, según el Programa de Desarrollo Alternativo en Satipo (DAS), 2015.

### Muestra

Finca Café Nueva Esperanza de 10 hectáreas de cafetal, con una producción de 5 tm, de los cuales se extrajo muestras semanales, en la construcción de un fermentador a nivel de laboratorio, donde se realizaron las pruebas.

## Técnicas e instrumentos

**Tabla 1**

*Técnicas cuantitativas.*

Encuesta	Cuestionario para recoger los datos cuantitativos de las dimensiones del estudio.
Prueba de laboratorio	Para medir indicadores para las dimensiones de la investigación. Pruebas de rotura de concreto.

**Tabla 2**

*Técnicas cualitativas.*

Observación	Guía de observación para recopilar información observable sobre el nivel de agresividad del mucilago sobre el concreto.
Revisión de fuentes secundarias (Informes de laboratorio)	Lista de cotejo para verificar información de resultados.

## Trabajo de laboratorio

Las probetas de concreto, se analizarán en el laboratorio de la Universidad Los Ángeles de Chimbote, Facultad de Ingeniería, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, filial Satipo.

## Trabajo de gabinete

Se realizará el diseño de mezcla con cemento tipo I F'C = 210 kg/cm<sup>2</sup>, tamaño máximo nominal 1", asentamiento de 3" a 4", sin aditivo y con aditivo. Luego de aplicar la prueba, se realizó las anotaciones y sintetizó el informe según la ficha de observación cada ciclo de prueba.

Finalmente, se realizará la comprobación de la hipótesis establecida, llegando a redactar el informe final de la investigación en un periodo de 6 meses.

## Técnicas para el procesamiento de datos

- Estadística descriptiva: Programa estadístico SPSS para el dato cualitativo.
- Procesamiento del dato cualitativo: Integración de datos según la ficha de observación.
- Integración de datos cualitativos: se realizaron según las pruebas de rotura de concreto de los 10 ciclos de ensayos.

## Resultados

### Composición química del café

Un gran número de químicos se han ocupado de la composición del café. Con más o menos éxito, Lefevre, Bourdelin, Geoffroy, Guindet, Robiquet, Payen y otros, han hecho en distinta época análisis del café que, incompletos al principio, se han perfeccionado sucesivamente hasta ponerse en nuestros días a la altura de los actuales conocimientos de la química analítica.

Sería ocioso hacer una reseña de los varios análisis que del café han hecho los sabios químicos mencionados; para llenar nuestro objeto solo se dará a conocer los más recientes, así como algunas de las propiedades del alcaloide que contiene.

Según Payen, 100 partes de café encierran:

**Tabla 3**

*Composición química del café (Coffea arabica).*

Componente	%p/p
Legumina, cafeína, etc.	10,00
Cafeína libre	0,80
Materia azoada	3,0
Substancias grasas	13,00
Glucosa, dextrina y ácido vegetal indeterminado	15,50
Cloroginato de potasa y cafeína	5,00
Aceite esencial concreto insoluble	0,001
Esencia aromática soluble de olor suave	0,002
Celulosa	34,000
Substancias minerales	6,697
Agua	12,000

**Fuente:** Revista de Geografía Agrícola, Núm. 45/117.

Las sustancias minerales contenidas en el café son principalmente, potasa, sosa, cal, magnesia, óxido de hierro, ácidos sulfúricos, fosfórico, etc.

Graham, Stenhouse y Campbell, han obtenido para la composición de las cenizas del café.

**Tabla 4**

*Composición química de las cenizas del café (Coffea arábica).*

Componente	%	%	%	%	%
Potasa	55,10	54,00	53,20	53,72	51,52
Cal	4,10	4,11	4,61	6,16	5,87
Magnesia	8,42	8,2	8,66	8,37	8,87
Ácido fosfórico	10,36	11,05	10,80	11,13	10,15
Ácidos sulfúrico	3,62	3,49	3,82	3,10	5,26
Ácidos carbónico	17,47	18,13	16,34	16,54	16,98
Cloro	1,11	0,26	1,00	0,72	0,59
Óxido de hierro	0,45	0,73	0,63	0,44	0,44
Suma	100,63	99,97	96,06	100,18	99,68

**Fuente:** Revista de Geografía Agrícola núm. 45/117

Los análisis del café efectuados en la Estación Agronómica de La Pointe-à-Pitre, por Mr. Ph. Boname, y que son de importancia agrícola considerable, han dado los resultados siguientes:

Con los procedimientos ordinarios de beneficio se obtienen de 100 kilogramos de cerezas frescas, 31.9 kilogramos de café pergamino que, a su vez, producen 25.7 kilogramos de café beneficiado. El café contiene, pues, por ciento:

**Tabla 5**

*Análisis de café (Coffea arábica) en la Estación Agronómica de La Pointe-à-Pitre.*

Componente	Kg
Café comercial	25.70
Pergamino	6,20
Pulpa	68,10
Suma	100

**Fuente:** Mr. Ph. Boname (2000).

## El proceso de beneficio de café

El proceso de beneficio de café comprende las etapas de desgrane, fermentación y secado.

### Desgrane

Involucra la partida de las mazorcas empleando un machete o mazo en forma perpendicular a su mayor diámetro, para luego extraer los granos de la placenta en forma manual. El tiempo de desgrane (tiempo transcurrido entre la toma de mazorca del árbol y la extracción del grano) afecta el proceso de fermentación, razón por la cual este debe variar entre uno y dos días, porque cuando se emplea un mayor tiempo origina el inicio de la fermentación dentro de la mazorca. (Mejía & Argüello, 2000).

## Fermentación

Proceso que se lleva a cabo en fermentadores, dura entre 7 y 8 días en los cuales la masa de café se voltea con el fin de airearla y lograr una fermentación uniforme. El objeto de este proceso es desprender los granos de la pulpa mucilaginosa que los protege, provocar la muerte del embrión para impedir la germinación de los granos y desencadenar modificaciones bioquímicas en el interior de los cotiledones que se traducen en un aumento de volumen, aparición del color pardo, disminución del sabor amargo y de la astringencia, permitiendo de esta manera, el desarrollo de los precursores del aroma. (Mejía & Argüello, 2000).

Según Augstburger et al. (2000), el proceso de fermentación se desarrolla así:

1er día: Pulpa muy ácida (pH 3,5), masa fermentante de color blanco, pH 6,5 del interior de la semilla, interior de la semilla de color violeta, no hay desarrollo de calor, olor agridulce, aromático. 2) 3er- 4º día: Masa fermentante está ácida (pH 4,5), de color café claro, pH 4,5 del interior de la semilla, de color violeta, sus bordes de color café, aumento de temperatura de la masa fermentante a 45-50 °C, fuerte olor a ácido acético. 3) 5º-7º día: Masa fermentante está acidulada (pH 5,5), masa fermentante de color café, pH 5,5 del interior de la semilla, de color café, temperatura de la masa fermentada se reduce a 40 °C, el olor a ácido acético es menos fuerte.

Por otro lado, Enríquez (1985) indica que:

En las primeras horas de la fermentación la emisión de jugos azucarados de las almendras de café es bastante, puesto que proceden del inicio de la descomposición de la pulpa que rodea las semillas o hilio de la mazorca. Estima que la producción está alrededor de 4 a 6 litros por cada 100 kg de masa y que, durante las 6 horas siguientes, se obtiene un poco menos de la mitad (casi 3 l por cada 100 kg de masa) de jugos. Esta emisión cesa casi completamente cuando han transcurrido 24 horas.

### Secado

Su objetivo es disminuir el contenido de humedad, la acidez y la astringencia, logrando el desarrollo del color chocolate característico de los granos bien fermentados.

## Composición química del cemento

### Componentes químicos

Los componentes químicos del cemento Pórtland se expresan por el contenido de óxidos, en porcentajes. Los principales óxidos son: la cal, sílice, alúmina y el óxido férrico, siendo el total de estos del 95 % al 97 %. En pequeñas cantidades también se presentan otros óxidos: la magnesia, el anhídrido sulfúrico, los álcalis y otros de menor importancia. Así se tiene:

**Tabla 6**

Componentes químicos.

Óxido componente	% típico	Abreviatura
CaO	58 - 67	C
SiO <sub>2</sub>	16 - 26	S
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4 - 8	A
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2 - 5	F
SO <sub>3</sub>	0.1 - 2.5	
MgO	1 - 5	
K <sub>2</sub> O y Na <sub>2</sub> O	0 - 1	
Mn2O3	0 - 3	
TiO2	0 - 0.5	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0 - 1.5	
Pérdida x calcinación	0.5 - 3	

### Compuestos químicos

Durante la calcinación en la fabricación del clinker de cemento Pórtland, los óxidos se combinan con los componentes ácidos de la materia prima entre sí, dando lugar a cuatro importantes compuestos. Los principales compuestos que constituyen aproximadamente el 90-95 % del cemento, también se presentan en menores cantidades, otros compuestos secundarios.

**Tabla 7**

Compuestos químicos.

Designación	Fórmula	Abreviatura	%
Silicato tricálcico	3CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> S	30 a 50
Silicato dicálcico	2CaO.SiO <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> S	15 a 30
Aluminato tricálcico	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> A	4 a 12
Ferro aluminato tetra cálcico	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C <sub>4</sub> AF	8 a 13
Calí libre	CaO		
Magnesia libre (Periclasa)	MgO		

Estos compuestos en presencia del agua se hidratan y forman nuevos compuestos que forman la infraestructura de la pasta de cemento endurecido en el concreto.

### Propiedades de los compuestos principales

Silicato tricálcico (C3S), conocido también como alita.

- Se hidrata y endurece rápidamente.
- Es el más importante de los compuestos del cemento.
- Determina la rapidez o velocidad de fraguado.
- Determina la resistencia inicial del cemento.
- Libera gran cantidad de calor de hidratación es equivalente a 120 cal/gr. Este compuesto tiene mucha importancia en el calor de hidratación de los cementos.

- Contribuye una buena estabilidad de volumen.
- Contribuye a la resistencia al intemperismo.

Silicato dicálcico (C2S), conocido también como belita.

- Contribuye con las resistencias a edades mayores a una semana.
- Por su porcentaje en el Clinker, es el segundo en importancia.
- Se hidrata y endurece con lentitud.
- Alcanza elevada resistencia a la compresión a largo plazo (después de prolongado endurecimiento).
- El valor de hidratación es equivalente a 63 cal/gr.
- Contribuye a la resistencia al intemperismo junto al C3S.
- Su contribución a la estabilidad de volumen es regular.

Aluminato tricálcico (C3A)

- Es el primero en hidratarse; o sea, fragua con mucha rapidez (hidratación violenta).
- Libera gran cantidad de calor durante los primeros días de la hidratación.
- Incide levemente en la resistencia mecánica.
- Tiene baja resistencia al intemperismo (acción del hielo y deshielo).
- Tiene mala estabilidad de volumen.
- Escasa resistencia a la acción del ataque de los sulfatos y ataques químicos.
- Calor de hidratación equivalente a 207 cal /gr.

Ferro aluminato tetra cálcico (C4AF)

- Reduce la temperatura de formación del clinker.
- Rápida velocidad de hidratación.
- El calor de hidratación es equivalente a 100 cal/gr (moderado).
- En la resistencia mecánica no está definida su influencia.
- La estabilidad de volumen es mala.
- Infiere en el color final del cemento.

**Nota:** El silicato tricálcico (C3S) y el silicato dicálcico (C2S) constituye el 75 % del cemento. Por eso la resistencia mecánica se debe a estos dos compuestos.

### Propiedades del cemento

#### Finura o Fineza

Referida al grado de molienda del polvo, se expresa por la superficie específica, en m<sup>2</sup>/kg. En el laboratorio existen dos ensayos para determinarlo:

- Permeabilímetro de Blaine
- Turbidímetro de Wagner

Importancia: A mayor finura, crece la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen. A mayor finura del cemento mayor rapidez de hidratación del cemento y mayor desarrollo de resistencia.

Ejemplo:

**Tabla 8**

*Tipos de cemento.*

Tipo de cemento	Finura Blaine m <sup>2</sup> / Kg
I	370
II	370
III	540
IV	380
V	380

### **Peso específico**

Referido al peso del cemento por unidad de volumen, se expresa en gr/cm<sup>3</sup>. En el laboratorio se determina por medio de:

- Ensayo del Frasco de Le Chatelier (NTP 334.005)

Importancia: Se usa para los cálculos en el diseño de mezclas.

Los pesos específicos de los cementos Pórtland, son de aproximadamente 3.15.

### **Tiempo de fraguado**

Es el tiempo entre el mezclado (agua con cemento) y la solidificación de la pasta. Se expresa en minutos. Se presenta como: El tiempo de fraguado inicial y el tiempo de fraguado final.

En el laboratorio existen dos métodos para calcularlo:

- Agujas de Vicat: NTP 334.006 (97)
- Agujas de Gillmore: NTP 334.056 (97)

Importancia: Fija la puesta correcta en obra y endurecimiento de los concretos y morteros.

### **Estabilidad de volumen**

Representa la verificación de los cambios volumétricos por presencia de agentes expansivos, se expresa en %. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo en Autoclave: NTP 334.004 (99).

### **Resistencia a la comprensión**

Mide la capacidad mecánica del cemento a soportar una fuerza externa de comprensión. Es una de las más importantes propiedades, se expresa en kg/cm<sup>2</sup>. En el laboratorio se determina mediante:

- Ensayo de comprensión en probetas cúbicas de 5 cm de lado (con mortero cemento-arena normalizada): NTP 334.051 (98).

Se prueba a diferentes edades: 1, 3, 7, 28 días.

Importancia: Propiedad que decide la calidad de los cementos.

### **Contenido de aire**

Mide la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total. En el laboratorio se determina mediante:

- Pesos y volúmenes absolutos de mortero C-A en molde cilíndrico estándar: NTP 334.048.

Importancia: Concretos con aire atrapado disminuye la resistencia (5 % por cada 1 %).

### **Calor de hidratación**

Es el calor que se genera por la reacción (agua + cemento) exotérmica de la hidratación del cemento, se expresa en cal/gr. y depende principalmente del C3A y el C3S.

En el laboratorio se determina mediante:

Ensayo del calorímetro de Langavant o el de la botella aislante. Se emplea morteros estándar: NTP 334.064.

## **Discusión**

Según los resultados obtenidos, se pueden inferir que la razón por la que se desintegra el concreto es por la exposición a las sustancias químicas en las clases de cementos.

## **Tipos de cemento**

### **Cementos Pórtland sin adición**

Constituidos por Clinker Pórtland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Según las normas técnicas se tiene:

- Tipo I: Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.
- Tipo II: Para uso general y específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.
- Tipo III: Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.
- Tipo IV: Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.
- Tipo V: Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfates.

### **Cementos Pórtland adicionados**

Contienen además de Clinker Pórtland y Yeso, dos o más constituyentes inorgánicos que contribuyen a mejorar las propiedades del cemento. (Ejm.: puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfato de calcio, incorporadores de aire).

Según normas técnicas, se tiene:

Cementos Portland puzolánicos (NTP 334.044)

- Cemento Portland puzolánico, tipo IP: Contenido de puzolana entre 15 % y 40 %.
- Cemento Portland Puzolánico modificado, tipo I (PM): Contenido de puzolana menos de 15 %.

Cementos Portland de escoria (NTP 334.049)

- Cemento Portland de escoria tipo IS: Contenido de escoria entre 25 % y 70 %.
- Cemento Portland de escoria modificado Tipo I (SM): Contenido de escoria menor a 25 %.

*Cementos Portland compuesto, tipo 1 (Co) (NTP 334.073):* Cemento adicionado obtenido por la pulverización conjunta de Clinker Portland y materiales calizos (travertino), hasta un 30 % de peso.

*Cemento de Albañilería (A) (NTP 334.069):* Cemento obtenido por la pulverización de Clinker Portland y materiales que mejoran la plasticidad y la retención de agua.

*Cementos de especificaciones de la performance (NTP 334.082):* Cemento adicionado para aplicaciones generales y especiales, donde no existe restricciones en la composición del cemento o sus constituyentes. Se clasifican por tipos basados en requerimientos específicos: Alta resistencia inicial, resistencia al ataque de sulfatos.

Calor de hidratación. Sus tipos son:

- GU: De uso general. Se usa para cuando no se requiera propiedades especiales.
- HH: De alta resistencia inicial.
- MS: De moderada resistencia a los sulfatos.
- HS: De alta resistencia a los sulfatos.
- MH: De moderado calor de hidratación.
- LH: De bajo calor de hidratación.

## Los cementos del Perú

En el Perú, actualmente tenemos las siguientes empresas cementeras:

**Tabla 9**

*Cementos del Perú.*

Nombre	Ubicación
Cementos Lima S.A.	Atocongo – Lima
Cementos Pacasmayo S.A.A.	Pacasmayo – La Libertad
Cemento Andino S.A.	Condorcocha – Tarma (Junín)
Yura S.A.	Yura – Arequipa
Cemento Sur S.A.	Caracote – Juliaca (Puno)
Cemento Rioja	Pucallpa – Ucayali

Nota: El cemento en el Perú se comercializa en bolsas de 42.5 kg de papel krap extensible tipo Klupac, que usualmente están entre dos y cuatro pliegos, de acuerdo a los requerimientos de transporte o manipuleo eventualmente y por condiciones especiales pueden ir provistas de un refuerzo interior de polipropileno. Estas bolsas son ensayadas para verificar su porosidad al aire, absorción, impermeabilidad y resistencias mecánicas. Las fábricas cementeras nacionales están preparadas para realizar la comercialización del cemento en bolsos con capacidad de 1.5 toneladas, a estos se les conoce como big bag; además, se puede despachar estos cementos a granel.

La capacidad instalada (tn/año), así como los mercados de cada uno de estas fábricas de cemento, se muestran a continuación:

**Tabla 10**

*Capacidad instalada.*

Empresa	Cap. Inst.	Mercado
Cemento Lima S.A.	4'300,000	Lima, Callao, Ica, Ancash.
Cementos Pacasmayo S.A.A.	2'300,000	La Libertad, Amazonas, Cajamarca, Lambayeque, Piura, Tumbes, Ancash.
Cemento Andino S.A.	1'060,000	Lima, Callao, Junín, Huancavelica, Cerro de Pasco.
Yura S.A.	600,000	Arequipa, Moquegua, Tacna, Apurímac.
Cemento Sur S.A.	155,000	Puno, Cusco, Apurímac, Madre de Dios, Moquegua, Tacna.

En relación a los tipos cementos por empresa producidos actualmente en el Perú, tenemos:

**Tabla 11**

*Tipos de cemento.*

Empresa	Tipos de cemento que produce
Cementos Lima S.A.	Sol I, Sol II, Supercemento Atlas IP
Cementos Pacasmayo S.A.	Pacasmayo I, Pacasmayo II, Pacasmayo V, Pacasmayo MS-ASTM C-1157, Pacasmayo IP, Pacasmayo ICo (COMPUESTO)
Cemento Andino S.A.	Andino I, Andino II, Andino V, Andino IPM
Cementos Selva	Cemento Portland Tipo I, Tipo II, Tipo V, Puzolánico IP, Compuesto ICo
Yura S.A.	Yura I, Yura IP, Yura IMP, Cemento de Albañilería marca Estuco Flex.
Cemento Sur S.A.	Rumi I, Inti IPM, Portland tipo II, Portland Tipo V.
Cemento Rioja S.A.	Cemento Portland Tipo IPM

Requisitos Técnicos de los cementos: Se muestran de acuerdo a las normas técnica peruanas NTP 339.009, los requisitos físicos y químicos de los cementos Portland. Requisitos físicos obligatorios.

Tabla 12

Requisitos Físicos.

Requisitos Físicos	Tipos					
	I	II	V	MS	IP	ICo
Resistencia la Comprensión min Kg/cm <sup>2</sup>						
3 días	120	100	80	100	130	130
7 días	190	170	150	170	200	200
28 días	280°	280°	210	280°	250	250
Tiempo de fraguado, minutos						
Inicial, mínimo	45	45	45	45	45	45
Final, máximo	375	375	375	420	420	420
Expansión en autoclave, % máximo	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Resistencia a los Sulfatos, % máximo de expansión	--	--	0.04*	0.10	0.10*	--
			14 días	6 meses	6 meses	
Calor de Hidratación, máx, KJ/Kg						
7 días	--	290*	--	--	290*	--
28 días	--	--	--	--	330*	--

### Requisitos químicos obligatorios

Tabla 13

Requisitos químicos.

Requisitos Químicos	Tipo					
	I	II	V	MS	IP	ICo
Óxido de magnesio (MgO), máx, %	6.0	6.0	6.0	--	6.0	6.0
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> ), máx, %	3.5	3.0	2.3	--	4.0	4.0
Pérdida por ignición, máx, %	3.0	3.0	3.0	--	5.0	8.0
Residuo insoluble, máx, %	0.75	0.75	0.75	--	--	--
Aluminato tricálcico (C <sub>3</sub> A), máx, %	--	8	5	--	--	--
Álcalis equivalentes (Na <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O), máx, %	0.6*	0.6*	0.6*	--	--	--

### Requisitos físicos opcionales

Tabla 14

Características físicas opcionales.

Características Físicas Opcionales	Tipo				
	I	II	III	IV	V
Falso fraguado, % (P. Fin) mínimo	50	850	50	50	50
Calor de hidratación, máx, Cal/gr					
7 días	--	70	--	60	--
28 días	--	--	--	70	--
Resistencia la compresión (MPa)					
28 días	280	280	--	--	--
Resistencia a los sulfatos, 14 días, máx.	--	--	--	--	0.04

### Requisitos químicos opcionales

Tabla 15

Características químicas opcionales.

Características Químicas Opcionales	Tipo				
	I	II	III	IV	V
Aluminato tricálcico (C <sub>3</sub> A), máx, %	--	--	5-8	--	--
Suma (C <sub>3</sub> S + C <sub>3</sub> A), máx, %	--	58	--	--	--
Álcalis equivalentes (Na <sub>2</sub> O + 0.658 K <sub>2</sub> O), máx, %	0.6	0.6	0.6	--	--

Los tipos de cemento cuyo requisito para concretos expuestos a soluciones que contienen sulfatos, se muestran a continuación:

Tabla 16

Tipos de cemento.

Exposición a sulfatos	Sulfatos solubles agua (SO <sub>4</sub> ) en el suelo	Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) en el agua, ppm	Tipo Cemento	Concreto con agregado de peso normal rel. a/c máx en peso	Concreto con agregado de peso normal y ligero Resist. Comp. Mínima MPa
Insignificante	0<SO <sub>4</sub> <0.1	0<SO <sub>4</sub> <150	--	--	--
Moderada	0.1<SO <sub>4</sub> <0.2	150<SO <sub>4</sub> <1500	II, IP, MS, IPM	0.50	40
Severa	0.2<SO <sub>4</sub> <2.0	1500<SO <sub>4</sub> <10,000	V	0.45	45
Muy severa	SO <sub>4</sub> >2.0	SO <sub>4</sub> >10,000	V más puzolana	0.45	45

### Las reacciones generadas

Las reacciones formadas, producto de la fermentación son:

La acidez química es la valoración química de las sustancias ácidas en el mucílago del café, que incluyen los ácidos acéticos, málico, láctico, cítrico, succínico y otros compuestos.

La acidez y el porcentaje de alcohol a través del tiempo de fermentación del mucílago de café pueden expresarse con las ecuaciones que se presentan en las figuras 5 y 6; así, la formación de ácidos y alcoholes de la fermentación del café se ajusta a la ley de crecimiento poblacional de Verhulst, 1838 (12), y en consecuencia sigue un comportamiento similar al crecimiento de los microorganismos, que es exponencial en las primeras horas, pero que no continúa así, indefinidamente.

La acidez de un litro de un mucílago fresco obtenido en un desmucilagador mecánico, con capacidad para 600 kg/H de frutos y operado con 1.6 l/Min, de agua es alrededor de 1000 mg CaCO<sub>3</sub> y este valor se triplica las 20 horas de fermentación en un sistema abierto, a una temperatura promedio de 20.5 °C mientras que a las 74 horas el valor es aproximadamente de 7000 mg CaCO<sub>3</sub> (ver la Figura 5). La velocidad de acidificación del mucílago de café durante la fermentación es rápida hasta las 21-22 horas, luego se presenta una desaceleración que se atribuye al consumo del sustrato y a la re-



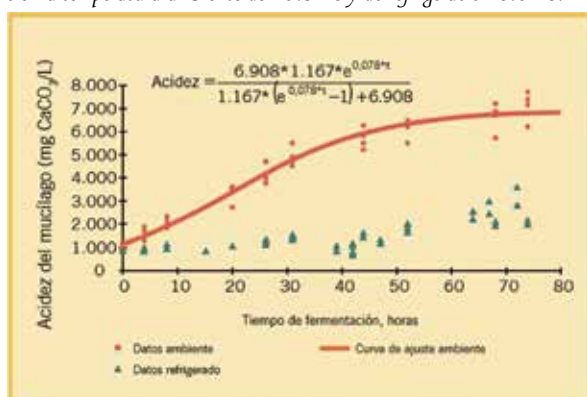
ducción de las baterías, debido a las mismas condiciones acidadas. Por el contrario, en ambiente de refrigeración (de 4 – 8 °C), la acidez del mucilago se mantiene por 20 a 25 horas como la del mucilago fresco (ver Figura 5), por consiguiente, mediante la refrigeración, a temperaturas inferiores a 8 °C, se conserva el mucilago y el café en baba. Los valores de acidez inicial del café en baba dependen de la clasificación del fruto y del grano despulpado, así como del sistema de fermentación. En los sistemas sumergidos el valor de la acidez total es menor que el de los sistemas de sustrato sólido, por la disolución de las sustancias acidadas en el agua. Aunque en ambos sistemas la acidez aumenta con el tiempo de fermentación, los sistemas con agua son más homogéneos.

De otra parte, para fermentaciones de sustrato sólido los contenidos de ácido acético y ácido láctico son similares a las 18 horas (0,16 % en promedio), pero a las 42 horas, la concentración de ácido acético es de 0,36 %, y del láctico de 0,24 %.

La presencia de los granos de café por tiempos prolongados en los ácidos producidos en la fermentación, en especial por el acético, ocasiona granos vinagres y, por lo tanto, sabores agrios y fermentos en la bebida.

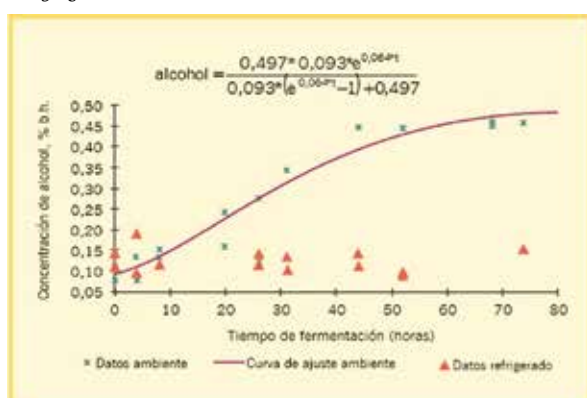
#### Figura 1

Cinética de la acidificación del mucilago del café durante la fermentación a temperatura ambiente de 20.5 °C y de refrigeración 6.6 °C.



#### Figura 2

Cinética de la producción del etanol durante la fermentación del mucilago del café, a temperatura del ambiente promedio 20.5 °C y en refrigeración a 6.6 °C.



## Conclusiones

- Se determinó que el pH del primer día es el que genera una influencia directa a la durabilidad del concreto. La acidez de un litro de mucilago fresco obtenido en un desmucilagador mecánico, con capacidad para 600 kg/h de frutos y operado con 1.6 l/Min, de agua es alrededor de 1 000 mg CaCO<sub>3</sub> y este valor se triplica las 20 horas de fermentación en un sistema abierto, a una temperatura promedio de 20.5 °C mientras que, a las 74 horas el valor es aproximadamente de 7 000 mg CaCO<sub>3</sub> (ver la Figura 5). La velocidad de acidificación del mucilago de café durante la fermentación es rápida, hasta las 21-22 horas.
- En la pulpa mucilaginosa del café (*Coffea arabica*) el carbonato de calcio influye significativamente con el pH en las primeras 20 horas, en sistema abierto en la durabilidad del concreto.
- En la fermentación del café (*Coffea arabica*), la velocidad de acidificación es rápida hasta las primeras 22 horas, que influyen significativamente en la durabilidad del concreto.
- La astringencia del café (*Coffea arabica*), no influye en la durabilidad del concreto.
- El aroma del café (*Coffea arabica*), no influye en la durabilidad del concreto.

## Recomendaciones

- Se recomienda continuar con las investigaciones para otras frutas, así como el cacao que se requiere fermentación y utilizan cementos. Para ello se debe diseñar con cerámicos que su durabilidad puede ser más óptimo.

## Referencias bibliográficas

- Augstburger, F.; Berger, J. & Censkowsky, U. (2000). *Agricultura orgánica en el trópico y subtropico*. Guía de Café. Alemania: Asociación Naturland.
- Castillo, G. A. (septiembre de 2016). Tesis: *Estudio de durabilidad de estructuras de concreto armado frente a los agentes químicos agresivos*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, d. F.: Programa de maestría y doctorado en Ingeniería Civil – Construcción.
- Cosavalente, V. J. (2017). *Memoria institucional anual 2016 de la Municipalidad Provincial de Satipo*. Satipo: gerente municipal.
- Durand, H. A. (junio de 1998). Tesis: *La durabilidad del concreto afectada por la contaminación Ambiental*. San Nicolás de Los Garza, n.l., Monterrey, Mé-

- xico: Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Civil, Secretaría de Estudios de Postgrado.
- Enríquez, G. (1985). *Curso sobre el cultivo del café*. Centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola. Turrialba: Costa Rica.
- García-Lozano, J.; Romero-Carrascal, M. & Ortiz, L.A. (2006). *Evaluación edafoclimática de las tierras del trópico bajo colombiano para el cultivo de café*. CORPOICA, Cundinamarca: Colombia.
- Hernandez Sampieri, Roberto; Fernández Collado, Carlos & Baptista Lucio, María Del Pilar. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F: McGraw Hill. Edamsa impresiones, S.A. de C.V.
- Huacasi, J. (04 de Julio de 2011). *Intemperismo y envejecimiento*. Obtenido de <https://prezi.com/saypdg17zsj3/intemperismo-y-envejecimiento/>
- Huaman, H. J. (3 de octubre de 2016). *Ataque químico al concreto- tecnología del concreto*. Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/jesusedgarhuamanhuerta/ataque-quimico-al-concreto-tecnologia-del-concreto>.
- IMCC, I. M. (marzo de 2007). *Resistencia a la abrasión*. Selección coleccionable 14. México: Editado por el Instituto Mexicano del Cemento y Concreto.
- Mejía, L.A. & Argüello, O. (2000). *Tecnología para el mejoramiento del sistema de producción de café*. Regional 7, Bucaramanga, Colombia: Publicaciones CORPOICA.
- Ortiz-Valbuena, K. y.-L. (2015). *Efecto del vertimiento de subproductos del beneficio de café (Theobroma Café L.) sobre algunas propiedades químicas y biológicas en los suelos de una finca cafetera, Municipio de Yaguará (Huila, Colombia)*. Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural, 19 (1): 65-84. DOI: 10.17151/bccm.2015.19.1.5.
- Valenzuela, J. (2012). *El cultivo de café*. Paquete tecnológico Compañía Nacional de Chocolates S.A.S. Medellín: Colombia.